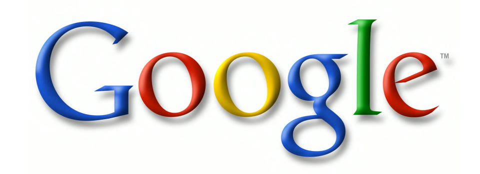
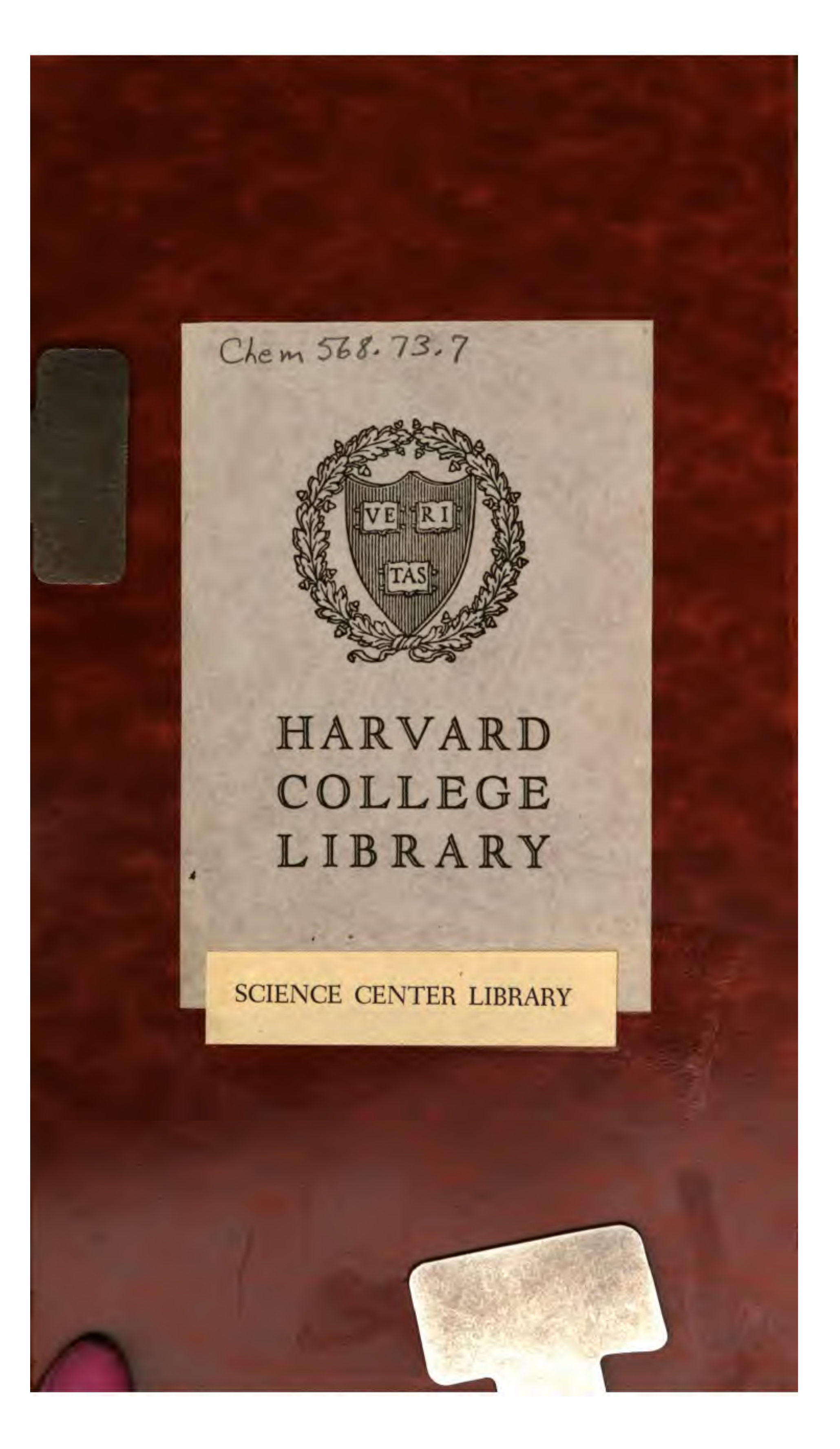


Meyn · Die Natürlichen Phosphate · 1873


VE RI
TAS

Die
natürlichen Phosphate

und

deren Bedeutung

für die

Zwecke der Landwirthschaft

von

Dr. L. Meyn,
Ehrenmitglied des Schleswig-Holsteinschen landwirthschaftlichen Generalvereins.

Leipzig,
G. KÜRSTEN'S VERLAG.

1873.

Vorwort.

Eine Arbeit über die richtige Würdigung des Peru-Guano durch den deutschen Landmann, welche ich im Jahre 1871 herausgab, und welche durch die deutschen Importeure dieses ausgezeichneten Düngemittels an die Abnehmer desselben zur Kenntnissnahme vertheilt, einer grösseren Zahl von Landwirthen zu Gesichte kam, als es mit kleinen Schriften ähnlichen Inhaltes sonst zu geschehen pflegt, hat mir aus diesen Kreisen so vielfachen und so herzlich ausgesprochenen Dank eingetragen, dass ich dadurch freudig an die Zeit erinnert wurde, wo ich vor einem Vierteljahrhundert einer Zahl von jungen Männern auf der Universität Kiel die, damals neugeborene, Lehre der Agriculturchemie in meinen Vorlesungen über Bodenkunde bekannt machen durfte.

Diese frische Anregung bewog mich, wie ich auch schon 1857 eine Schrift über das Kochsalz im Haushalte der Natur und des Menschen veröffentlicht habe, jetzt gleichfalls meine gesammelten Erfahrungen und Nachrichten über den phosphorsauren Kalk und meine Ansichten über dessen Bedeutung im Haushalte der Natur und des Menschen niederzuschreiben.

Wie in der Schrift über den Peru-Guano wird es mir nicht gegeben sein, wesentlich neue Thatsachen vorzuführen,

wesentlich neue Gedanken zu entwickeln, wesentlich neue Gesichtspunkte zu eröffnen.

Ist mir dieses bei jener früheren Schrift mit einer seltenen Heftigkeit von einem Anfangs Ungenannten in den Annalen der Landwirthschaft vorgeworfen, so hat bei aller Leidenschaftlichkeit des Angriffes gegen meine Person, doch gerade dieser einzige Vorwurf, welcher gegen den Inhalt des Büchleins gefunden worden war, mir die Gewissheit gegeben, dass ich genau dasjenige erreicht hatte, was ich damals erreichen wollte, und was ich auch durch dieses kleine Werk besonders gern erreichen möchte.

Ich habe nämlich in dieser, wie in jener Schrift, mich bestrebt, den gegenwärtigen Stand unseres Wissens, dort über die Bedeutung des Stickstoffes, hier über die Bedeutung der Phosphorsäure, möglichst fehlerfrei und für den Landmann jedes Ranges verständlich, vorzutragen.

Für den Landmann ist bei der zerstreuenden Lecture der Zeitschriften eine solche Zusammenfassung des exacten Wissens oder des allgemein Anerkannten, bei einem Gegenstande, der seine materielle Wohlfahrt berührt, viel wichtiger, als das Neue. — Neues kann überhaupt aus der uralten Erfahrungswissenschaft des Ackerbaues durch die Kräfte des Einzelnen nur sehr verschwindend geboten werden, und zudem heischt dasselbe noch erst weitere Prüfung und Bewährung, ehe man es darf gelten lassen.

Sollte daher ein ähnlicher Vorwurf von derselben Seite oder von deren Gesinnungsgenossen auch gegen diese kleine Schrift erhoben werden, so darf ich denselben, wie früher, mit grossem Gleichmuth hören. Als vielbeschäftigter Fabricant und Kaufmann habe ich weder die Musse noch die Fähigkeiten, um für die Männer der Wissenschaft Neues zu bringen, und

habe deshalb mehr die Belehrung eines möglichst grossen freilich meist nur provinciellen, landwirthschaftlichen Leserkreises zu meiner Aufgabe gemacht, seit mich um die Mitte des Jahrhunderts politische Gegner vom akademischen Lehrstuhl verdrängten.

Die Männer der Wissenschaft werden es nicht tadeln, dass ich mich bestrebe, die Resultate ihrer Geistesarbeit den weitesten Kreisen vorzutragen, und dass ich an meinem Theile mit helfe, das Feld, in welches sie ihren edlen Samen streuen sollen, auf grössere Ausdehnung urbar zu machen.

Ich habe mich auch dies Mal redlich bemüht, die Ergebnisse der Wissenschaft nicht zu verflachen, indem ich sie popularisire. Ich bin vielmehr angethan gewesen, den inneren Zusammenhang, auch scheinbar entlegener Thatsachen, durchschimmern zu lassen, und dieselben auf solche Weise bei meinen Lesern nicht zum Gegenstand des Gedächtnisses, sondern zum Gegenstand des Verständnisses zu machen, wodurch sie, in Fleisch und Blut verwandelt, unverlierbar werden.

Wenn ich indessen die Männer, denen wir theils die wichtigen Entdeckungen, theils die mühsamen Untersuchungen, theils die sinnreichen Deutungen übereinstimmender oder widersprechender Thatsachen zu danken haben, nur bei entscheidenden Punkten, die das Gedächtniss zu stützen geeignet sind, namhaft mache, so bitte ich das weder als Gleichgültigkeit gegen ihr Verdienst, noch als Schmuck von fremden Federn aufzufassen. Ich achte das Verdienst der Agriculturchemiker als Körperschaft und das jedes Einzelnen unter ihnen nur um so höher, je weniger ich in der Lage bin, mir ein ähnliches selbst zu erwerben.

Ich habe nur deshalb wenige Namen genannt, weil der Gegenstand für Männer der Praxis vorgetragen werden soll,

deren Aufmerksamkeit in der That unnöthig von der Sache abgelenkt wird, wenn man über Personen und deren Thätigkeit mehr berichtet, als nur die wahren Wendepunkte des Verständnisses.

Einzelne Düngerfabricanten haben meine Schrift über den Peru-Guano, in welcher die Vorzüge des noch nicht vollständig salinisch gewordenen Stickstoffes betont werden, als eine Reclame gegen ihre Fabricate aufgefasst. Hoffentlich werden auch diese unter meinen Collegen jetzt erkennen, dass sie sich geirrt haben, oder werden sich beeilen, mir ihren Dank abzustatten, weil ich jetzt umgekehrt auch einmal für ihre Fabricate Reclame gemacht habe.

Uetersen, im September 1872.

L. Meyn.

L'histoire de la chaux phosphatée offre un exemple remarquable des progrès qu'a fait la minéralogie. Haüy.

Die Worte des grossen französischen Mineralogen, welche als Motto für die nachfolgenden Zeilen gewählt sind, niedergeschrieben in den ersten Tagen unseres Jahrhunderts, haben ihre Bedeutung auch noch nach seiner Zeit behalten. Die wachsende Kenntniss des phosphorsauren Kalkes bezeichnete auch nach ihm noch die Fortschritte der mineralogischen Wissenschaften und selbst der Geologie. Aber auch die Physiologie der Pflanzen und die Pflanzenproductionslehre wurde klarer und bestimmter, je grössere Kunde sie von der Bedeutung der phosphorsauren Salze im Pflanzenkörper und in dem Boden sich erwarb, und ebenso konnte für die praktische Landwirthschaft vorzugsweise durch die über diesen Gegenstand gebrachten Aufklärungen die Agriculturchemie eine treue und unschätzbare Rathgeberin werden.

Unter den Nahrungsmitteln der Pflanze ist für den praktischen Landmann, der auf seiner Scholle ein, über die natürliche Production gesteigertes Maass fruchttragender Pflanzen erzeugen soll und will, ohne Widerrede kein einziges von so grosser Bedeutung als die Phosphorsäure, deren Zutheilung an die Pflanzen durch die Natur zuweilen, durch den Menschen wohl meistens, vermittelst der phosphorsauren Kalkerde ausgeführt wird.

Die hervorragende Wichtigkeit der Phosphorsäure wird nicht blos dadurch begründet, dass sie in den Pflanzen vorzugsweise auf den Ansatz der Samen hinwirkt, welche bei den meisten Culturpflanzen als Hauptzweck ihres Anbaues betrachtet werden, sondern mehr noch dadurch, dass sie von allen

Pflanzennahrungsmitteln am sparsamsten vorhanden, am kärglichsten im Boden vertheilt ist, und sich am meisten versteckt; endlich dadurch, dass einem daran armen Boden eben nur die Hand des Menschen durch diese Gabe aufhelfen kann, da keinesweges, wie bei dem sonst eben so bedeutsamen Stickstoff, die Luft einen allmähligen Ersatz zu bringen im Stande ist.

Diese Thatsache ist von einem grossen Theile der Landwirthe auch bereits so vollständig anerkannt, dass es überflüssig scheinen könnte, sie von Neuem vorzutragen; allein die Zahl der Landwirthe beträgt nicht Tausende, sondern Millionen, und es wird daher noch lange dauern, bis dieselbe ins Gemeinbewusstsein übergeht. Wenn überdies der Landmann hört, dass vor hundert Jahren noch nicht einmal eine Ahnung dieser Wahrheit in den Köpfen der gelehrtesten Männer, der aufmerksamsten Naturforscher, der tüchtigsten Ackerbauer dämmerte, so wird ihn dieses nicht blos Wunder nehmen, sondern auch das natürliche Verlangen bei ihm wecken, zu wissen, wie es denn den Chemikern gelungen ist, eine so verborgene Sache so rasch ans Licht zu ziehen und damit der Wohlfahrt des Menschengeschlechtes ein Geschenk zu machen, welches ganz allein tausendfältig Alles überwiegt, was jemals zum Besten der chemischen Wissenschaften an Gelde ist aufgewendet worden.

Nichts in der That ist aber auch mehr geeignet, dieser wichtigen Lehre in den Geistern, welche sich ihr bisher verschlossen haben, Raum zu schaffen, als ein Rückblick auf den verschlungenen Weg, welchen die Naturwissenschaft gegangen ist, um dieselbe zum Eigenthum der gebildeten Menschheit und zum Werkzeuge in der Hand des urtheilsfähigen und denkenden Landwirthes zu machen.

Wunderbarer Weise entdeckte und gewann man den Phosphor aus den phosphorsauren Salzen, ehe man diese selber oder die in ihnen enthaltene Säure kannte und unterschied. Und anderthalb Jahrhunderte lang kannte man den Phosphor, ehe man ihm irgend eine Bedeutung im Haushalte der Natur beilegte, obgleich er schon damals mehr als irgend

eines der anderen Elemente der heutigen Chemie die Aufmerksamkeit der Naturforscher anzog.

Die Lichtentwickelung im Dunkeln, welcher er seinen Namen verdankt, machte ihn zum Gegenstand der höchsten Neugier und Wissbegier. Er erschien als eine wahre Curiosität im Sinne der alten Naturforschung, aber gerade deshalb war man bei ihm weniger, als bei irgend einem anderen Stoffe geneigt, eine Allgegenwart desselben in dem mit Füssen getretenen Erdboden und in der ganzen lebendigen Schöpfung anzunehmen.

Wie unter den bekannten Naturkräften die allgegenwärtige Electricität nur durch ihre curiosen Erscheinungen die alten Naturforscher fesselte, bis aus diesen Spielereien zuerst die Kenntniss einer gewaltigen Kraft, darnach der Gedanke von der „Einheit der Kraft" überhaupt sich entwickelte, und zuletzt im Telegraphen das mächtigste Instrument des menschlichen Geistes erstand — so fesselte auch der Phosphor zunächst durch sein Leuchten die Augen und damit die Phantasie der Forscher, half dann die grossen Entdeckungen über die Verbrennung, auf welchen die ganze neuere Chemie fusst, begründen und ward schliesslich als einer der wichtigsten zu unserer practischen Verfügung stehende Träger des Lebens erkannt, so sehr, dass er abermals die Phantasie erhitzen und einseitigen Köpfen aufs Neue als ein „Lichtträger", als der greifbare Körper des Denkens im menschlichen Gehirn erscheinen konnte.

Ein bankerotter Hamburger Kaufmann, Brand mit Namen, hatte bei dem Suchen nach Golde um das Jahr 1669 zuerst aus menschlichem Urin den, wie man es nannte, selbstleuchtenden Phosphor dargestellt, welcher der damaligen, gleichsam im Stadium der Neugier begriffenen Gelehrtenwelt durch seine Lichtentwickelung im höchsten Maasse merkwüdig erschien. Ein für seine Zeit höchst ausgezeichneter Alchymist, vielleicht überhaupt der erste grosse, wirklich praktische Chemiker Kunkel aus Rendsburg, hatte das geheim gehaltene Verfahren

zum zweiten Male erfunden. Albinus endlich hatte 1688 das gleiche Product aus Senfsamen gewonnen.

Obgleich dadurch, schon ehe das achtzehnte Jahrhundert anbrach, für den Kreis der Gelehrten das Vorhandensein des Phosphors im menschlichen Körper und in gewissen Pflanzen nachgewiesen war, so fiel es doch noch Niemand ein, über den Zusammenhang dieser Erscheinungen oder deren mögliche Verallgemeinerung nachzudenken. Selbst die physiologische Frage, woher denn wohl der Phosphor stammen möge, der vom menschlichen Körper ausgeschieden wird, und woher derjenige stamme, der sich in einem Pflanzensamen vorfindet, konnte die Geister nicht bewegen, denen die fundamentale Differenz der chemischen Elemente, welche uns klar vorliegt, noch nicht einmal als eine Möglichkeit erschien. In der That war aber auch das so zufällige und so vereinzelte Auffinden gar nicht darnach angethan, die Vermuthung zu wecken, dass hier ein allgemeiner oder gar ein wesentlicher und unentbehrlicher Bestandtheil der Pflanzen- und Thierwelt erkannt sei.

Der Phosphor entzündet sich leicht von selbst, wenn man ihn nicht durch Wasserbedeckung schützt, und das Verbrennungsproduct ist nicht, wie bei den meisten anderen verbrennenden Körpern, eine unsichtbare, schwer zu fesselnde, schwer zu untersuchende Luftart, sondern ein Schnee von weissen Flocken, welche aus der Luft zu Boden fallen und leicht gesammelt und studirt werden können. Dass dieser Schnee begierig Wasser aus der Luft anzieht, oder wenigstens an der Luft zerfliesst und sich mit Wasser verdünnen lässt, dass die entstehende klare und farblose Flüssigkeit stark saure Eigenschaften hat, konnte keinem Chemiker entgehen, welcher sich mit dem Phosphor beschäftigte. So wurde also mit dem Phosphor auch zugleich die Phosphorsäure bekannt. Aber erkannt wurde sie doch noch nicht. Bei der Richtung des wissenschaftlichen Strebens damaliger Zeit, in jedem Körper von anderen Eigenschaften nur Verwandlungen bekannter Stoffe zu sehen, hielt man die Phosphorsäure am liebsten für die

Mischung zweier alten Bekannten, des Vitriolöles und der Salzsäure, da auch über deren wahre innere Constitution noch keine klare Vorstellung gewonnen war. Erst im Jahre 1743 erkannte *Marggraf* in Berlin die specifischen Eigenschaften der Phosphorsäure als einer eigenen, von den beiden genannten wesentlich verschiedenen Säure.

Wie schwierig es ist, auf dem Pfade der Entdeckungen die ersten Schritte zu machen, das lehrte aber wohl keine Thatsache klarer als die, dass ein volles Jahrhundert nach der Entdeckung des Phosphors und ein Vierteljahrhundert nach Unterscheidung der Phosphorsäure verliefen, ehe das allergemeinste und täglich in den Händen aller Menschen befindliche phosphorsäurehaltige Material, der thierische Knochen als solches erkannt wurde, und doch scheint gerade dieser auffallendste Theil des weichen Thierkörpers die Untersuchung der Aerzte, welche damals fast allein als Chemiker fungirten, täglich zu fordern.

Hundert Jahre waren verlaufen, als es dem schwedischen Chemiker *Gahn* gelang, in dem längst unterschiedenen erdigen Theile der Knochen dieselbe Säure nachzuweisen, welche man durch Verbrennung des Phosphors erhält.

Durch diese Entdeckung war mit einem Schlage der Phosphor als ein ganz allgemeiner und unentbehrlicher Bestandtheil des Körpers aller höher organisirten Thiere erkannt, deren Knochengerüste, auch ohne chemische Analyse, sämmtlich für gleichartig gehalten wurden. Man hätte recht wohl dazu kommen können, die Phosphorsäure eine Thiersäure zu nennen, wie man das Kali ein Pflanzenalkali nannte. Es ist eben nur ein Zufall, dass der Name nicht entstand, denn den Anschauungen damaliger Zeit entspricht er vollkommen. Man fühlte sich damals noch gar nicht gedrängt, dem Ursprunge der Stoffe in der Nahrung der Menschen und Thiere weiter nachzugehen, oder gar im Mineralreiche sie zu suchen.

Es war daher eben nur ein Zufall und eine Ueberraschung und es blieb eine isolirte Thatsache, als derselbe Chemiker, reichlich zehn Jahre später um 1780 auch im Mineralreiche

die gleiche Säure entdeckte und zwar in dem phosphorsauren Bleioxyd, dem sogenannten Buntbleierz, welches unter den Oxydationsproducten am Ausgehenden mächtiger Bleiglanzgänge, da wo dieselben mit der Atmosphäre, den oberflächlichen Erdschichten und den Meteorwassern in Berührung stehen, gern vorzukommen pflegt. Ebenso überraschte es, als bald darauf durch Klaproths und Vauquelins Analysen verschiedene Varietäten des Apatit als phosphorsaurer Kalk von gleichem Mischungsverhältniss wie der erdige Bestandtheil der Knochen erkannt wurden.

Das sind die schlichten, aber bedeutsamen Anfänge der chemischen Entdeckungen über die Anwesenheit des Phosphors in Thieren, Pflanzen und Mineralien. Keiner der uneigennützigen Naturforscher, denen wir sie verdanken, ahnte oder konnte damals ahnen, wie unbegrenzt wichtig diese Thatsachen für die Erkenntniss der Natur ihren Nachkommen werden sollten. In keiner Weise waren diese vereinzelten Beobachtungen darnach angethan, um daraus zu schliessen, dass die Phosphorsäure den Beruf habe, gleich der Kohle und dem Stickstoff, einen stetigen und unwandelbaren Kreislauf durch die seit alter Zeit unterschiedenen drei Reiche der Natur zu vollführen, den man damals höchstens dem Wasser zu vindiciren geneigt war.

Nachdem indessen einmal die Phosphorsäure als ein unentbehrlicher Bestandtheil des Körpergerüstes der Menschen und Wirbelthiere, erkannt war, lag es nahe, sie auch in den Säften des Körpers namentlich im Blute zu suchen, durch welches ja der Knochen gebaut wird. Sobald daher die chemische Wissenschaft in ihren raschen Fortschritten und namentlich die analystische Chemie den Naturforscher und den Arzt dazu befähigte, wurde diese Arbeit unternommen und mit grösster Beharrlichkeit, trotz vielfältiger, fehlgeschlagener Versuche, durchgeführt.

Es ist auf diese Weise gelungen, in allen Säften und in allen festen Theilen des Wirbelthierkörpers Phosphorsäure zu finden, und folgerichtig weiterschreitend, hat man sie dann auch

in allen anderen Geschlechtern der Thiere gesucht und gefunden. Die Schwierigkeit der zoochemischen Untersuchungen wurde gesteigert durch die fast verschwindende Menge von Phosphorsäure, welche an manchen Stellen vorhanden war; aber die Beharrlichkeit, welche durch die Ahnung der Wahrheit gegeben wurde, und die stets verfeinerten Hülfsmittel haben doch obsiegen müssen. Es darf jetzt als ein allgemeines Resultat exacter Forschung hingestellt werden, dass die Phosphorsäure alle Säfte der Thierwelt erfüllt, alle Gefässe der einzelnen Körper durchströmt und dass sie in ihnen ganz unentbehrlich ist, weil sie im Aufbau der wichtigsten festen und in den Functionen der wichtigsten flüssigen Theile wirksam wird.

Man hat nämlich gerade den phosphorsauren Kalk mit einem nur wenig wechselnden Mengenverhältniss gegen die anderen mineralischen Bestandtheile gleichmässig in den Knochen der Säugethiere, der Vögel, der Reptilien und der Fische nachgewiesen. Der Schmelz der Zähne hat 90, die Zähne im Ganzen haben 70, die Knochen selber 60 Procent phosphorsaure Kalkerde im trockenen Zustande. Die schwammigen Theile der Knochen sind etwas weniger reich daran als die dichten, harten Theile, aber dagegen bleibt der Gehalt sich beinahe völlig gleich bei den Knochen alternder Menschen und Thiere uud bei denen der Neugeborenen oder Ungeborenen. Verbunden ist die obengenannte Menge von durchschnittlich 60 Procent phosphorsaurem Kalk in der Regel mit etwa 10 Procent kohlensaurem Kalk und 2 Procent phosphorsaurer Magnesia.

Die wenigen vorfallenden Unterschiede lassen sich nach den sorgfältigen Untersuchungen von *Fremy* kurz dahin zusammenfassen, dass die Knochen der grasfressenden Thiere etwas reicher daran sind als die der fleischfressenden, und dass die Knochen der Vögel reicher sind als die der Säugethiere.

Das innere Gerüste der Grätenfische gleicht in seiner Zusammensetzung völlig demjenigen der Säugethiere, dasjenige

der Knorpelfische ist blos wesentlich ärmer au phosphorsaurem Kalk.

Haut und Haare, Wolle und Federn, Schuppen und Schildpatt, oder was sonst von ähnlichen Bedeckungen der Wirbelthiere vorkommt, haben sogar gleich den Nägeln und dem Horn eine fast verschwindende Menge des phosphorsauren Kalkes und nur das Hirschgeweih hat dieses Salz wieder in gleicher Menge mit den Knochen, aber nichts desto weniger ist das Vorhandensein derselben in jedem der genannten Stoffe nachgewiesen.

Die krebsähnlichen Thiere führen in ihren Schalen, welche freilich viel reicher an kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk sind als die festen Theile der Wirbelthiere, doch immer noch einen Gehalt von 6—7 Procent phosphorsauren Kalkes, aber von da an abwärts auf der, in der älteren Naturgeschichte geltenden, Stufenleiter der Thiere nimmt nach dem Grad ihrer Vollkommenheit die Phosphorsäure sehr wesentlich ab. Muscheln und Schnecken haben in ihren Schalen, mit Ausnahme der etwas reicheren Schneckenhausdeckel, nur noch kaum 1 Procent phosphorsauren Kalk gleich den ihnen so ähnlichen unbebrüteten Eierschalen der Vögel. Noch weniger ist in den harten Stöcken der Korallen und sonstigen Pflanzenthiere vorhanden, doch giebt es auch unter ihnen einzelne mit hornigem Polypenstock, in welchen bis zu 24 Procent phosphorsaurer Kalk gefunden worden ist.

In den Flüssigkeiten und Weichtheilen des Körpers wird selbstverständlich schon durch die Menge des Wassers der Procentgehalt des phosphorsauren Kalkes geringer. In welcher Eigenschaft die organische, stickstoffhaltige Substanz, die Fleischfaser, der Fleischsaft, das Blut nach seinen beiden Theilen, jedes einen constanten Gehalt dieses bevorzugten unorganischen Stoffes beherbergt, in welcher Weise damit der Aufbau bewerkstelligt wird, das ist von Physiologen und Chemikern freilich noch nicht genügend ergründet.

So viel scheint aber doch fest zu stehen, dass nicht blosse Lösungen des organischen und des unorganischen Stoffes

nebeneinander im Wasser befindlich sind, denn auf gewöhnliche Weise sind sie nicht zu scheiden. Aber auch eine chemische Verbindung der Phosphorsäure oder ihres Salzes mit dem Eiweiss scheint nicht obzuwalten. Man glaubt einen Mittelzustand zwischen beiden zu gewahren. Indessen auch nicht blos als Säure und Kalksalz derselben, sondern gleichfalls als unoxydirter Phosphor scheint das Element an der Bildung einiger thierischen Stoffe Theil zu nehmen. Dazu gehören vor allen Dingen die verschiedenen Fettstoffe des Gehirns.

Wenn der Phosphor in seinem regulinischen Zustande den Nahrungsmitteln einverleibt, oder auch nur äusserlich ins Blut gebracht wird, wirkt er als Gift ebenso fürchterlich oder fast noch schrecklicher, als das Arsenikmetall, das ihm in den meisten chemischen Eigenschaften so ausserordentlich nahe steht und sonst fast überall für ihn vicariren kann. Aber während der Arsenik auch in den Oxydationsstufen, welche der phosphorigen Säure und der Phosphorsäure entsprechen, ja selbst in deren Salzen noch eben so giftig für Menschen, Thiere und Pflanzen bleibt, wird in seiner höheren Oxydationsstufe und in deren Salzen der Phosphor zu einem unbedingten Bedürfniss alles Lebendigen; so zwar, dass in jedem einzelnen Organe des Thier- und Pflanzenkörpers und in jedem Bestandtheile desselben als Phosphorsäure unentbehrlich ist und in um so grösserer Menge vorhanden sein muss, je wichtiger die Functionen sind, die einer Flüssigkeit oder einem Organe des lebendigen Wesens obliegen. In der Asche aller thierischen Flüssigkeiten herrscht daher der phosphorsaure Kalk als wesentlichster Bestandtheil vor, ihm ist fast immer auch noch phosphorsaure Magnesia beigesellt und theilweise bedingen selbst phosphorsaure Alkalien die allgemeine Verbreitung dieser Säure im menschlichen und thierischen Körper.

Diese letzteren finden sich nämlich gleichfalls in dem Blute, und zwar ist das Serum reich an phosphorsaurem Natron, während die Blutkörperchen sich mehr durch phosphorsaures Kali auszeichnen.

Die Analyse der Blutaschen verschiedenartiger Thiere giebt allerdings auffallend verschiedene Mengen. Die Asche des Hühnerblutes hat 26, diejenige des Schweineblutes 12, die des Schaafblutes nur 5 Procent Phosphorsäure. Ersichtlich hängt diese Differenz mit der verschiedenen Ernährungsweise zusammen. Sie ist daher allerdings wesentlich, doch wird sie auch ohne Schaden Aenderungen erleiden, sobald das Schaaf mehr mit Körnern, das Huhn mehr mit Grünfutter und das Schwein mehr mit Fleisch ernährt wird. Da namentlich die Knochen, die Gewebe, das Fleisch aller drei Thierarten gleich reich an Phosphorsäure sind, ungeachtet das Blut derselben so verschieden, so scheint für den Bau des Körpers nur ein Gehalt des Blutes überhaupt, nicht aber ein quantitativ bestimmter Gehalt, erforderlich zu sein.

Reichlicher als im Blute findet sich die Phosphorsäure in der Milch, die das junge Thier ernähren, im Ei, das ein völliges Thier aufbauen soll, im Samen, welcher das thierische Leben gründet, und im Gehirn, welches das wichtigste, über die vegetative Lebensthätigkeit hinaus wirkende Centralorgan zu sein scheint.

Gleich den Thieren selbst sind aber auch ihre Excrete durch einen Gehalt an Phosphorsäure ausgezeichnet, welcher beweist, dass ein beständiger Wechsel dieses Stoffes im Leibe der Thiere eine nothwendige Theilnahme desselben am Lebensprocesse stattfindet. Während die Pflanzenfresser diese Säure fast vollständig in der Gestalt von phosphorsaurem Kalk unlöslich durch den Darmcanal ausscheiden, entleeren die Fleischfresser und die Allesfresser, gleich dem Menschen, in dessen Harn der Phosphor zuerst gefunden wurde, denselben aus der Blase in Gestalt phosphorsaurer Alkalien und Erden. Wenn nun diese Theilnahme der Phosphorsäure an der Lebensthätigkeit der Thiere feststeht, und die Erhaltung des thierischen wie des menschlichen Lebens auf die aus dem Pflanzenreich stammende Nahrung zurückgeführt werden muss, so ist klar dass der Ursprung der Phosphorsäure der gesamm-

ten lebendigen Thier- und Menschenwelt im Pflanzenreiche zu suchen ist.

Die Quantität derselben in den gewöhnlichen Nahrungsmitteln würde sich bei Thieren im Zustande des Beharrens, wie bei dem Menschen im männlichen Alter, summarisch aus den Mengen finden lassen, welche der feste und flüssige Dünger zusammen enthält. Anschaulicher gewahrt man, wie gross das Verhältniss ist, wenn man beachtet, in wie kurzer Frist ein Kalb, selbst auf der dürftigsten Weide, zu einem magern Ochsen heranwächst, welcher in jedem Centner seines Lebendgewichtes, nach einem Durchschnitte der für Einzeltheile bekannt gemachten Analysen, fast 3 Pfund Phosphorsäure führt.

Deutlich vor Augen endlich sieht man dieses, so lange verborgene Naturgeheimniss im zoologischen Garten, wo der erwachsene Hirsch, der sein Geweih abgeworfen hat, in der Zeit eines Vierteljahres durch Gras- und Heunahrung sich einen Kopfschmuck von 15 bis 25 Pfund wieder aufbaut, in dessen Knochensubstanz drei bis vier Pfund Phosphorsäure vorhanden sind.

Den Phosphorsäuregehalt der Pflanzen und ihrer Theile zu ergründen, muss man sie einäschern und ihre Asche analysiren. Da die Phosphorsäure nicht flüchtig ist, und ihre Salze ebensowenig, so hat man nur Vorkehrung zu treffen, dass kein Theil derselben durch Kohle bei hoher Gluthhitze reducirt und so als Phosphor verflüchtigt wird. Im Allgemeinen wird man sogar selbst den Phosphor, welcher etwa in anderer Verbindungsweise den Pflanzen angehört, als Phosphorsäure in der Asche erwarten können, da er während der Einäscherung verbrennt und Basen genug zur Sättigung der Säure in der Asche vorhanden sind. Man wird daher in der Regel den ganzen Phosphor-Gehalt als Phosphorsäure finden.

Es kann für die Zwecke der gegenwärtigen Schrift genügen, ein ungefähres Resultat der Analysen in Betreff der, durch Ackerbau cultivirten Pflanzen zu geben. Dass es rücksichtlich der Wald- und Feldpflanzen, welche wild wachsen,

nicht anders bestellt ist, lehrt schon hinreichend die Analogie, und von den Pflanzen des Meeres und der süssen Gewässer wird noch besonders die Rede sein.

Die Aschenprocente werden in der Regel nur auf die Trockensubstanz, das heisst die, bei der Siedhitze des Wassers getrockneten, Pflanzentheile bezogen, um den wandelbaren Feuchtigkeitszustand ausser Acht zu lassen.

Unter dieser Bedingung findet sich der gesammte Aschengehalt der Körner wie folgt:

Rapssaat	4	Procent	Asche
Leinsaat	3¾	"	"
Hafer	3½	"	"
Bohnen	3¼	"	"
Erbsen	3	"	"
Wicken	2½	"	"
Gerste	2½	"	"
Roggen	2¼	"	"
Weizen	2	"	"
Buchweizen	1	"	"

Man sieht, dass die Gesammtasche regelmässig 2—4 Procent des Trockengewichtes beträgt.

Von dieser Aschenmenge macht bei der Mehrzahl der Körnerfrüchte die Phosphorsäure allein reichlich den dritten Theil bis zur Hälfte aus, und zwar nach folgenden Resultaten zahlreicher Analysen:

Buchweizen-	Asche	48	Procent	Phosphorsäure
Weizen-	"	46	"	"
Roggen-	"	45	"	"
Raps-	"	44	"	"
Lein-	"	41	"	"
Wicken-	"	38	"	"
Erbsen-	"	36	"	"
Bohnen-	"	35	"	"
Gerste-	"	34	"	"
Hafer-	"	21	"	"

Da die Getreide in der Form, in welcher man sie gewöhnlich zum Verkaufe oder zum Verbrauche stellt, keineswegs völlig trocken sind, so ist das Gewichtsverhältniss in ihnen etwas geringer. Man wird sich daher ohne Fehler für die Aufgaben des Ackerbaues summarisch mit der Vorstellung befriedigen können, dass in jedem Centner Korn (sämmtliche Früchte in einander gerechnet) ein Pfund Phosphorsäure enthalten sei.

Das Stroh der Getreide ist etwas reicher an Asche als die Körner, allein diese Asche ist an der edlen Phosphorsäure wesentlich ärmer. Auch hierfür wird eine Uebersicht erwünscht sein.

Das trockene Stroh giebt nachfolgende Aschenmengen:

Raps	7	Procent	Asche
Bohnen	6¾	"	"
Erbsen	6½	"	"
Buchweizen	6	"	"
Weizen	5¾	"	"
Roggen	5¾	"	"
Gerste	5½	"	"
Wicken	5¼	"	"
Hafer	5	"	"
Lein	4	"	"

Die Menge der Phosphorsäure in diesen Aschen beträgt:

Buchweizen-	Asche	12	Procent	Phosphorsäure
Lein-	"	10½	"	"
Erbsen-	"	8½	"	"
Bohnen-	"	7½	"	"
Wicken-	"	7	"	"
Raps-	"	6½	"	"
Roggen-	"	5½	"	"
Gerste-	"	4½	"	"
Weizen-	"	4	"	"

Auf diese Weise bildet die Phosphorsäure von dem Stroh, wie es zu Gebrauch kommt, durchschnittlich ein Drittheil Procent des Gesammtgewichtes.

Die verschiedenen Heusorten haben im völlig getrockneten Zustande in der Regel 7—8 Procent Asche, wovon etwa ein Zehntel Phosphorsäure ist. Für lufttrockenes Heu wird es daher zulässig sein, ein halbes Procent des Gesammtgewichtes als Phosphorsäure zu betrachten.

Die Wurzeln mannigfaltiger Rübensorten haben meistens in ihrer Trockensubstanz 6 bis 9 Procent Asche. Nur die Zuckerrübe beschränkt sich auf 4 Procent, und ebenso die mehlreiche Kartoffel. Da nun die gewöhnlichen Rübensorten in ihrer Asche nur 11—12 Procent, die Zuckerrübe dagegen gleich der Kartoffel 15 bis 17 Procent Phosphorsäure hat, so gleichen sich diese Beziehungen für das Gesammtgewicht aus, und darf man allgemein in der Trockensubstanz der nutzbaren Wurzelgewächse einen Phosphorsäuregehalt von $^2/_3$ Procent annehmen.

Da man aber gegen 90 Procent Wasser in den Wurzelgewächsen frischen Ursprunges vorfindet, so repräsentiren 100 Pfd. Trockensubstanz schon 1000 Pfund Wurzelwerk in gewöhnlichem Zustande, so dass auf 1500 Pfd. Kartoffeln, Rüben und Wurzeln nur 1 Pfund Phosphorsäure vorhanden ist.

Sehr viel wandelbarer in seiner Zusammensetzung ist das Grünfutter, das eine grosse Mannigfaltigkeit von Pflanzen in verschiedenen Graden der Saftfülle und verschiedenen Stadien der Reife umfassen kann.

Durchschnittlich enthält doch auch hier die Trockensubstanz 6 Procent Asche, von der ein Zehntel als Phosphorsäure erkannt wird. Wenn dann für den grünen Zustand 80 Procent Wasser in Betracht kommen, so kann man rechnen, dass in 1200 Pfund dieses Futters 1 Pfund Phosphorsäure enthalten ist.

Die Ernte des Landmanns enthält daher ein Pfund Phosphorsäure in je 100 Pfund Korn, in je 300 Pfund Häckerling und Streu, in je 200 Pfund Heu, in je 1500 Pfund Rüben und Kartoffeln, in je 1200 Pfund Grünfutter.

Wer sich speciell mit der Rechnung befassen will, wie viel die von ihm gefütterten Thiere in den Nahrungsmitteln an Phosphorsäure zu sich nehmen, der wird auch für die im stärksten Wachsthum befindlichen, oder in stärkster Milchergiebigkeit stehenden Thiere noch eine sehr reichliche Versorgung mit Phosphorsäure durch diese Futtermittel leicht erkennen können. Das unterliegt aber schon lange keinem Zweifel mehr, dass sowohl Menschen als Thiere zur Ernährung nicht blos der stickstofffreien Verbindungen der Fette, Zucker etc., sondern auch der stickstoffhaltigen, fleischbildenden Stoffe bedürfen, und eine einfache Revision der Analysen lehrt überall, dass die stickstoffreichen Nahrungsmittel zugleich auch die phosphorreicheren sind. Es ist müssig, darüber zu speculiren, welcher Bestandtheil von beiden der wichtigere sei. Die Natur vereinigte sie und der Mensch erkannte schon lange, ehe er den Stickstoff oder die Phosphorsäure nennen oder schätzen lernte, practisch in den vozugsweise nährenden Futterstoffen ihre ausserordentliche Bedeutung.

In welcher Weise die Phosphorsäure in den Pflanzentheilen fungirt, das zu ergründen ist bisher ebensowenig gelungen, als die Ergründung ihrer Arbeit im thierischen Organismus, doch stellt sich durch Vergleichungen nicht blos heraus, dass Thiere und Menschen für ihre Ernährung diejenigen Pflanzentheile bevorzugt haben, in denen die Phosphorsäure reichlich vorhanden, sondern gleichfalls dass in der Pflanze, ebenso wie im Thiere, der Gehalt an Phosphorsäure in den verschiedenen Theilen um so höher wird, je edler die Theile, je unentbehrlicher sie sind für die Erhaltung des Individuums und der Art.

Wichtig ist es auch für die Deutung der Vorgänge innerhalb der Pflanze, dass die oben erwähnte gegenseitige Abhängigkeit des Stickstoff- und des Phosphorsäuregehaltes obzuwalten scheint; denn vielleicht wird dieser ersichtliche Zusammenhang dereinst Gelegenheit geben, das Ursachliche für die bedeutsame Stellung der Phosphorsäure im Pflanzenleben aufzufinden.

Bei der grossen Bedeutung der Phosphorsäure für die Pflanzen- wie für die Thierwelt hätte man nun annehmen sollen, sie sei von der Natur in unerschöpflichen Mengen überall verbreitet gleich den anderen Nahrungsmitteln der Pflanze auf uncultivirtem Boden.

Dem ist aber keinesweges so. Es hat sich vielmehr durch die Erfahrung gezeigt, und mit den steigenden Fortschritten der Agriculturchemie immer klarer und deutlicher gezeigt, dass fast jeder, selbst der beste Ackerboden durch Zufuhr von Phosphorsäure reichere Ernten liefert, und dass namentlich der geringere Boden fast nur durch deren Beihülfe im Dünger Körner zu setzen vermag. Es hat sich gezeigt, dass nächst dem Stickstoff im Dünger, welcher die Triebkraft steigert, kein Bestandtheil desselben wichtiger ist als die Phosphorsäure, welche den Kornansatz befördert. Ehe man über diese Dinge nachdachte, oder durch scharfsinnige Untersuchungen die Ursache ergründete, hatte man längst durch Erfahrung festgestellt, dass menschliche und thierische Ausleerungen, dass besonders die Guanosorten den Kornansatz beförderten, wie das Wachsthum, dass aber die Knochen in dieser Beziehung jeden anderen Dünger übertrafen, und dass selbst durch schwarzgebrannte und sogar durch weissgebrannte Knochen, die aller organischen Substanz beraubt sind, diese Wirkung erzielt wird.

Von allen Stoffen, die man nach und nach als Pflanzennahrungsmittel erkannte, war und blieb immer die Phosphorsäure derjenige, dessen Zufuhr sich am unentbehrlichsten erwies.

Das Wasser, dessen die Pflanzen zum Leben bedürfen, bietet ihnen der stetige Wandel der wässerigen Meteore, die Kohlensäure, aus welcher sie die Hauptmasse ihrer neuzubildenden Stoffe schaffen sollen, umgiebt sie in einer nie erschöpften, stets gleichmässig damit versorgten Atmosphäre, den Stickstoff liefert ihnen, falls keine Zufuhr stattfindet, der gleichmässige Gehalt derselben Atmosphäre an Ammoniak

und Salpetersäure unter Mitwirkung des vorhandenen Bodens, welcher alles Ammoniak für künftigen Bedarf aus der Atmosphäre gesammelt hat. Kieselsäure, Kali, Natron, Kalk, Magnesia und Eisenoxyd sind die bekannten Zersetzungsproducte des Granites, aus dessen chemisch und mechanisch zerstörten Massen, unter mannigfaltiger Sonderung und Vermischung der Bestandtheile, alle anderen Gesteine und alle mineralischen Grundlagen des Bodens entstanden sind, auf welchem die Gewächse wurzeln. Auch für die Schwefelsäure ist es leicht, den Ursprung nachzuweisen; wenn man nicht weiter rückwärts gehen will, so doch in der Verwitterung ungeheuerer Mengen von Schwefelkiesen, die fast jedes Gestein enthält.

Ganz allein rücksichtlich der Phosphorsäure sah man sich für die natürliche und ursprüngliche Pflanzendecke einem Räthsel gegenüber, denn wenn es auch gelang, hie und da kleine Mengen derselben im Ackerboden nachzuweisen, so fand man deren Herkunft immer genügend motivirt durch die Rückkehr der phosphorsäurereichen, flüssigen und festen Excremente unserer Hausthiere auf den für die Culturpflanzen bestimmten Standort. Trotz der Armuth des Bodens aber zeigt jede Pflanze in ihrem besten Theile, im Samen, den intensiven Reichthum an Phosphorsäure, und so konnte es denn wohl nicht Wunder nehmen, dass die alchymistische Idee von der Umwandlung der Elemente in einander und von der stofferzeugenden Kraft des lebendigen Pflanzenkörpers sich bei diesem Aschenbestandtheil am allerlängsten behauptete.

Erst an der Grenze unseres Jahrhunderts wurden Entdeckungen gemacht, welche geeignet waren, diesen alten, wie es schien wohlbegründeten, Glauben zu erschüttern, aber bis tief in unser Jahrhundert herein hat sich derselbe erhalten und ist erst nach und nach durch eine mit unüberwindlicher Logik vorschreitende Chemie besiegt und beseitigt worden. Noch leben unter uns ältere Naturforscher, die sich dessen erinnern, dass sie in ihrer Jugend mit Ueberzeugung einen solchen Glauben getheilt haben.

Als im Jahre 1797 der unermüdliche *Klaproth* bei seiner Untersuchung des Leucits vom Vesuv durch grosse Verluste in der Analyse dazu geführt wurde, nach einem Alkali zu suchen, und bei dieser Gelegenheit Kali in dem Minerale fand, schrieb er, gleichsam als Denkstein für den Beginn der neuen Epoche, die nachfolgenden merkwürdigen Worte nieder:

„Höchst unerwartet bin ich aber dagegen durch Auffindung eines anderweitigen Bestandtheils überrascht worden, dessen Dasein wohl noch Niemand innerhalb der Grenzen des Mineralreiches und am wenigsten in der natürlichen Mischung eines festen mineralogisch einfachen Fossils je vermuthet hat.

Dieser gegenwärtig in der Eigenschaft einer oryktognostischen Substanz auf den Schauplatz tretende Bestandtheil des Leucits ist kein anderer, als das bisher dem Pflanzenreiche ausschliesslich eigen geglaubte und deswegen auch nach demselben also benannte Pflanzen-Alkali. Eine wie ich glaube sehr wichtige Entdeckung, welche in den bisherigen naturhistorischen Systemen beträchtliche Abänderungen veranlassen muss, und bei mehreren Naturerscheinungen, sowohl im Mineralreiche als im Pflanzenreiche, zu näheren Aufschlüssen führen wird.“

Der alte Chemiker, dem wir so viele tief eingehende Untersuchungen verdanken, hat Recht gehabt in der Würdigung seiner scheinbar so einfachen und auf den ersten Blick wenig bedeutenden Entdeckung. Von ihr datirt die neue Richtung in der Pflanzenchemie, sich bei der vorausgesetzten Erzeugung der Stoffe durch die Pflanze nicht zu beruhigen, sondern dem Ursprunge der in ihr vorfindlichen Aschenbestandtheile ernsthafter nachzugehen; von ihr datirt daher auch das Streben, die Herkunft der Phosphorsäure in der Pflanze zu entdecken und die unermessliche praktische Bedeutung der dahin gerichteten Arbeiten.

Ebenso wie man durch genauere Versuche dahin gekommen ist, die scheinbare Vermehrung des phosphorsauren Kalkes in dem bebrüteten Ei gründlich zu erklären, ebenso wurde man Schritt für Schritt gedrängt, den Ursprung der Phosphor-

säure auch für solche Pflanzen nachzuweisen, welche auf ungedüngtem und scheinbar phosphorfreiem Boden wuchsen und doch durch die Concentration dieses Stoffes in ihren Samenkörnern thatsächlich behaupteten, dass derselbe, als ein für sie unentbehrliches Lebenselement, von ihnen besser gefunden werde als von den chemischen Reagentien.

Wenn irgend etwas im Stande ist, darzuthun, dass diese ganze Lehre das Werk nur unseres Jahrhunderts sei, so ist es der Umstand, dass die Preisfrage der Berliner Akademie um 1800, ob die erdigen Bestandtheile der Pflanzen in dieselben so eintreten, wie man sie darin findet, oder ob sie durch die Lebenskraft und durch die Wirkung der Organe der Vegetation erzeugt werden, eine auf Versuche gegründete, und doch der Wahrheit völlig widersprechende Antwort fand. Noch lange nachher konnte den schwer ins Gewicht fallenden Meinungen grosser praktischer Agronomen, namentlich eines Albrecht Thaer gegenüber, *Saussures* 1804 ausgesprochene Prophezeihung, dass alle hierauf bezüglichen Fragen gelöst werden würden, ohne der Vegetation schaffende Kräfte und Verwandlungen beizumessen, nicht zur Erfüllung kommen. Dennoch lebte in allen den mühsamen Versuchen der Chemiker, mit denen sie Pflanzen in Schwamm oder Pferdehaar in Quarz oder Kalkspath, in Feldspath oder Bimsstein, in Glaspulver oder Platindraht, in Schwefelblumen oder Zuckerkohle, ohne Zufuhr der Aschenbestandtheile ernährten, die Zuversicht, dass es ihnen gelingen werde, das eine langersehnte, negative Resultat zur Geltung zu bringen, dass ohne Zufuhr der in Rede stehenden Stoffe die Pflanze auch dergleichen nicht enthalte. — Nur durch die Schwierigkeiten der völligen Isolirung eines Gewächses wurde noch eine Zeit lang die Entdeckung verzögert.

Der wichtigere positive Gedanke, dass eben nur durch Zufuhr dieser Stoffe die Pflanze leben, gedeihen, sich entwickeln, Blüthe und Frucht tragen können, entsprang aus der Fortsetzung der gleichen Vegetationsversuche erst viel später, besonders durch den Kampf der Chemiker gegen die apodiktisch

absprechenden Agronomen und die scheinbar philosophisch argumentirenden Physiologen. Seitdem aber, besonders in Folge der klaren Darstellungen *Liebigs*, fast in allen Köpfen, die sich mit dem Gegenstande beschäftigten, wenigstens die richtige Vorstellung Fuss gefasst hatte, dass die Pflanze sämmtlicher Aschenbestandtheile zum Leben, zur Entwickelung, zur Fruchtbildung nothwendig bedürfe, dass sie dieselben nicht erzeugen und nicht aus Luft und Wasser nehmen könne, sondern aus dem Ackerboden ziehen müsse und sich mit seltener Aneignungskraft auch der am sparsamsten verbreiteten Bestandtheile desselben bemächtige, seitdem gewann die Untersuchung einen weit mehr auf das Specielle gerichteten, einen für die Bodenkunde wie für die Lehre von der Düngung entscheidenden, für die praktische Landwirthschaft höchst werthvollen Charakter.

Abgesehen von allen Versuchen im Grossen, welche nun bereits neben den Laboratoriums-Arbeiten gleichen Schritt hielten, wurde durch *Knop's* unermüdliche Variation der Wassercultur das wirkliche Nährstoffbedürfniss der Pflanzen mittelst Zuthaten zum reinen Wasser so genügend festgestellt, dass man mit Sicherheit jetzt über die Forderungen urtheilen kann, welche das Pflanzenleben, und besonders die Pflanzencultur, zum Zwecke gesteigerter Production auf einer relativ kleinen Bodenfläche als unabweislich aufstellt.

War es schon früher, durch die auf das negative Resultat gerichteten Versuche, ausgemacht, dass die Pflanze ohne Phosphorsäure nicht gedeiht, so wurde jetzt eben so positiv dargethan, dass sie, wenn alle anderen Lebensbedingungen vorhanden sind, mit Hülfe einer Zufuhr von Phosphorsäure sich ausgezeichnet entwickelt und reichlich Frucht bringt. Es wurde ferner dadurch dargethan, dass die Pflanze nicht blos im Stande ist, die löslichen alkalischen Salze der Phosphorsäure zu assimiliren, sondern dass sie auch unauflösliche Verbindungen, wie phosphorsaure Kalkerde und phosphorsaure Magnesia, aufnimmt, weil dieselben durch die übrigen Bestandtheile der Bodenflüssigkeit, namentlich durch die stickstoffhaltigen, in

geringerem Grade löslich werden, ja, was am allerwichtigsten ist, dass diese Organe der Pflanze aus dem, nach gewöhnlicher Redeweise völlig unlöslichen, phosphorsauren Eisenoxyd die nöthige Phosphorsäure anzuziehen wissen.

Da die letztgenannte Eigenschaft mit grosser Sicherheit schliessen lässt, dass die Pflanzenwurzel noch besser die drei phosphorsauren Erdsalze des Kalkes, der Magnesia und der Thonerde, welche gleichfalls, wenn auch nicht in solchem Grade wie das Eisen, unlöslich sind, ohne Lösungsmittel besonderer Art direct aufnehmen, so können also die Pflanzenwurzeln den Bedarf sich aneignen, auch ohne ihn als Flüssigkeit aufzusaugen blos durch innigste Berührung mit staubartigen Theilen, denen sie suchend nachgehen. Dadurch steht es fest, dass die Culturpflanzen dem Boden Phosphorsäure entziehen können, auch wenn der wässerige Auszug des Bodens nichts davon zu enthalten scheint. Das einzige Erforderniss für diese Thätigkeit ist, dass der nöthige Vorrath hinreichend fein vertheilt im Boden enthalten sei.

Eine lange Zeit hat man allerdings geglaubt, weder im künstlichen Bodenauszuge noch in dem natürlichen Bodenauszuge durch Drains eine Spur von Phosphorsäure zu treffen. Es bedurfte einer sehr verfeinerten Untersuchung und sehr verschärfter Reagentien, um nur überhaupt das Vorhandensein nachweisen zu können.

Dasselbige gilt von den Gewässern der Quellen, Bäche, Flüsse und des Meeres, welche sammt und sonders als Bodenauszüge im Grossen betrachtet werden können. In allen älteren Analysen über diese Gewässer fehlt die Phosphorsäure gänzlich, und nur den neueren, auf Concentration grösserer Mengen und auf bessere Reagentien gestützten Untersuchungen ist es gelungen, diesen Nachweis zu führen.

Berzelius wurde nur durch die Anwesenheit des Fluors in dem Wasser des Karlsbader Sprudels und die wohl bekannte Geselligkeit des Fluors und der Phosphorsäure auf die Vermuthung geleitet, es könne auch Phosphorsäure darin enthalten

sein. Seiner scharfsinnigen Verfolgung konnte sich dieselbe nicht entziehen, und es stellte sich heraus, dass in fast zehn Millionen Pfund dieses Wassers doch ein Pfund Phosphorsäure vorhanden ist. So geringfügig diese Menge ist, so bringt der Sprudel doch im Laufe eines Jahres 30 Pfund Phosphorsäure aus der Tiefe der Erde, so viel, als der Gesammtgehalt von 10 Centner Fischen beträgt. Wie lange diese Quelle schon fliesst, kann Niemand sagen. Nennt man 10,000 Jahre, so ist nur eine kleine Zeit genannt, und während dieser Dauer hat also der Karlsbader Sprudel allein hinreichend Phosphorsäure für 100,000 Centner Fische dem Meere zugeführt.

Aehnliches gilt für alle anderen Zuflüsse des Meeres, die als Quellen aus der Tiefe oder als Gräben von der Oberfläche kommen. In der That hat man, seit die Aufmerksamkeit speciell auf die Verfolgung dieses so verschwindenden, und doch so wichtigen, Bestandtheiles der Gewässer gelenkt wurde, denselben in jedem Wasser gefunden. In einer Million Pfund der von den Abflüssen des bebauten Landes genährten Wasser fand man regelmässig 1 bis 5 Pfund Phosphorsäure; ein Mehreres aber auch selbst in der Themse nicht, wo ihr der phosphorsäurereiche Strom des Urins aus einer von Millionen bewohnten Stadt zugeflossen ist. Selbst in dem Wasser, welches Regen und Schnee aus der Luft auf die Erde giessen, hat man noch fast so viel Phosphorsäure gefunden, als in dem Karlsbader Sprudel, wahrscheinlich vermittelt durch Phosphorwasserstoff, der sich als stinkendes Gas aus der Zersetzung faulender Thierstoffe verflüchtigt und in der Luft oxydirt.

Es kann daher nicht Wunder nehmen, dass im Meere, trotz seiner Unermesslichkeit, merkliche Mengen von Phosphorsäure zu finden sind. Wenn man grössere Quantitäten Meerwasser zur Trockne abdampft und nach dem Glühen die löslichen Salze mit Wasser erschöpft, bleibt in dem Rückstande die Phosphorsäure in unlöslichen Salzen zurück.

Aus diesem Gehalt entnehmen die schwimmenden Meerespflanzen ihren Bedarf. Aus ihm schöpfen inmitten der Meeresströmnngen auch selbst die festgehefteten Meerespflanzen, welche

keine Wurzel im Boden haben, sondern nur als Befestigungspunkt die Felsen des Meeresgrundes benutzen. So kommt es dass die Asche der Meerespflanzen, aus denen man Soda und Jod gewinnt, auch reich an Phosphorsäure ist, dass man bei der Einäscherung von gemengten Fucaceen, wie sie am Meeresstrande liegen, 1 bis 2 Procent Phosphorsäure in der Asche findet.

Von solchen Pflanzen leben wieder die zahllosen kleinen Krebsthiere, deren Schale bereits theilweise aus phosphorsaurem Kalksalze besteht, von diesen wieder nähren sich die Fische, die den riesenhaften Walthieren als Futter dienen, kurz die gesammte kleine und grosse Bevölkerung des Meeres. So lange das Meer auf Erden vorhanden gewesen, hat es ähnlichen Lebensvorgängen gedient. Alle die unzähligen Schichten von Sandstein, Schiefer, Mergel, Kreide und Kalkstein, die sich in seinen Tiefen abgesetzt haben, und jetzt die Erdrinde bilden helfen, hat es mit den Ueberresten seiner Pflanzen und Thiere gefüllt, und wenn auch deren Stoff theilweise mit der Gestalt selber unkenntlich geworden, das Fleisch verwest ist, so ist doch beständig die Hauptmasse des phosphorsauren Kalkes aus den thierischen Körpern in den Absätzen des Meeres zurückgeblieben, welche jetzt Gestein geworden sind. Für eine künftige lebendige Bevölkerung der Erde wird heute im Schoosse des Meeres aus den Abflüssen der durch unseren Pflug bestellten Aecker der gleiche Boden zubereitet.

Möge man daher über den geringen Gehalt der Drain- und Quellwasser nicht grübeln. Für den grossen Kreislauf der Phosphorsäure ist er genügend.

Auffallend ist nur der Umstand, dass der fruchtbare Ackerboden, welcher ersichtlich vollkommene Weizenernten bringt, und welcher, sobald er dieses versagt, durch den fleissigen Landwirth mit Dünger versehen wird, der die phosphorsauren Ausscheidungen seiner Hausthiere enthält, dem atmosphärischen Wasser, das ihn durchstreicht, und selbst dem Wasserauszuge, welchen der Chemiker daraus herstellt, keine grössere Mengen von Phosphorsäure zu geben vermag.

Um diese auffallende Erscheinung zu deuten, wird es nöthig sein, Natur und Eigenschaften des Ackerbodens durch einen kurzen Ueberblick sich zu vergegenwärtigen, denn, wenn der praktische Landmann nicht lediglich auf seine zufälligen Wahrnehmungen hingewiesen werden soll, so treten gerade hier an ihn die Fragen heran, durch welche Mittel der ungedüngte Boden, der doch in so vielen Fällen Frucht trägt, der Pflanze Phosphorsäure liefere, was er von seinem natürlichen Boden zu hoffen und zu fürchten, wie er für denselben zu sorgen habe, um ihm die besten und theuersten, das heisst die phosphorsäurereichsten Producte Korn, Fleisch und Käse *ohne* Schaden beständig entnehmen zu können.

Es dürfte zur Beantwortung dieser Fragen unerlässlich sein, die Constitution des Ackerbodens genauer ins Auge zu fassen.

Der Ackerboden ist ein bunt zusammengesetztes und daher auch oft recht verschieden beurtheiltes Gemenge von lediglich zerstörten Producten aller drei Reiche der Natur, eine Schuttsammlung aus allen uns umgebenden Dingen. Unter der Hand des beobachtenden Agronomen zerfällt aber der Boden in eine Reihe leicht zu sondernder constituirender Bestandtheile, welche jeder für sich betrachtet werden müssen, wenn man das Ganze richtig beurtheilen will.

Der Ackerboden besteht im Allgemeinen nur aus Feldsteinen, Grand, Sand, Lehm und Humus. Jedem Landmann ist diese Zusammensetzung bekannt und geläufig, sie darf auch nicht verlassen oder aufgegeben, die Bezeichnungen dürfen nicht scheinbar gelehrt umgetauft werden, ohne der Verbreitung der Wissenschaft zu schaden.

Die Feldsteine sind, wenn der Boden aus unterliegendem Felsgrunde entstand, scharfkantige, meistens halbzersetzte Bruchstücke einer einzigen Felsart von verschiedener Grösse; wenn er durch Gewässer zusammengeführt wurde, sind es ziemlich gleich grosse, ohne Ausnahme gerundete oder rundscheibenförmig geschliffene Stücke zahlreicher meist frischer Felsarten; wenn er durch Eis zusammengetragen wurde, wie

der grösste Theil des weit verbreiteten Diluvialbodens, sind es grösste und kleinste, frische und verwitterte, sowohl scharfkantige und gerundete, als auch geschliffene Bruchstücke verschiedenster Steine, in denen man nicht selten das halbe Register aller Gebirgsarten der Erde erkennen kann.

Die Feldsteine bilden eines der wesentlichen Hülfsmittel der Luft- und Wassercirculation und der Wurzelbewegung im Boden, da sie es sind, die in demselben die Möglichkeit grösserer Hohlräume erhalten. Bei einer Bodenuntersuchung liesst man die Feldsteine mit der Hand aus dem Grande, den man erhält, wenn man mit Wasser alle kleineren Theile der Erde durch ein Rapssieb spült.

Der Grand besteht aus denjenigen Steinbrocken und Steinchen, welche von der Grösse der Bohnen, Erbsen und Wicken bis zu derjenigen des Raps herunterreichen. So bildet der Grand ein Haufwerk dessen Körner die Dimensionen mehrerer oder aller gedroschenen Feldfrüchte wiederholen. Eine weitere Sonderung ist für die Zwecke der Bodenkenntniss überflüssig und eine anderweitige Grenzbestimmung zu sehr willkürlich oder für das Gedächtniss beschwerlich. Er besteht zwar aus Bruchstücken derselben Felsarten wie die Feldsteine und ebenfalls theils aus gerundeten, theils aus scharfkantigen Stücken, jedoch mit dem Unterschiede, dass in der Grösse dieses Kornes manche grobkörnige Felsarten schon hinreichend zerfallen sind, um in jedem Stückchen nur noch ein ungemengtes Mineral zu enthalten, wobei freilich der Quarz als das am schwersten zerbrechliche, am wenigsten auflösliche, und gar nicht zersetzbare unter den gemeinen Mineralien um so mehr eine Hauptrolle spielt, da die chemisch complicirteren Mineralien mit der steigenden Kleinheit des Kornes den auflösenden und zersetzenden Agentien immer zahlreichere Angriffspunkte bieten. Der Grand ist der Hauptträger der Durchlässigkeit des Bodens für die atmosphärischen Gewässer.

Der Sand, welcher durch ein Rapssieb hindurchfällt, aber im ruhenden Wasser nicht suspendirt bleiben kann, sondern sofort zu Boden fällt, besteht oft fast ausschliesslich,

falls man nicht zufällig im Kalkgebirge ist, aus Quarzkörnern. Nur in wenigen Gegenden sind diesen andere Mineralien beigemengt, und zwar in Norddeutschland und Scandinavien Feldspathe, Hornblenden und Augite, in der Regel nur im halb zersetzten Zustande. Am gewöhnlichsten sind ausser diesen noch die vor den zerstörenden Atmosphärilien ebenso widerstehenden Edelsteine, Granat und Zirkon, das allgemein verbreitete Titaneisen und das etwas seltnere Magneteisen.

Dieser Sand, welcher, wenn er in der Natur gesondert vorkommt, in feuchten Lagen als Saugsand, in trocknen Lagen als Flugsand erscheint, ist der Hauptträger der Haarröhrchenkraft im Boden, welche die bereits zur Tiefe gesunkene Feuchtigkeit in Fällen des Mangels wieder emporzieht. Zu einer so wichtigen Thätigkeit des Bodens ist weder der sandfreie Grand noch der sandfreie Lehm befähigt.

Die beiden letzten Bestandtheile des Bodens, der Lehm und der Humus, bilden zusammengenommen dasjenige, was von den Chemikern jetzt theilweise Feinerde genannt wird. Der Landmann hat dafür in den verschiedenen Gegenden noch bezeichnendere Ausdrücke in den Worten Schlick oder Schlamm.

Unter Schlick oder Schlamm versteht man diejenigen erdigen Theile, welche die Flüsse im aufgeschlämmten Zustande enthalten, und welche von ihnen an Stellen und zu Zeiten des ruhenden Wassers abgesetzt werden, um Marsch- und Auenboden zu bilden. Es sind darin vorhanden alle aufschlämmbaren oder suspendirbaren Theile des Bodens zusammengenommen.

Eben in diesem Augenblick sieht der Verfasser unter seinen Fenstern das Wasser der Elbmündung mit graugelber Färbung, wie nie zuvor, auf- und abfluthen und Schlamm absetzen, welcher nichts ist als die ausgeschlämmte Feinerde der in den furchtbaren Wolkenbrüchen des Maimonats zerstörten Böhmischen Felder.

Die fast gleichwerthigen Worte Schlick und Schlamm sind die rechten Namen für die aus Lehm- und Humustheilen gemeng-

ten suspendirten Stoffe, denn sie bezeichnen prägnant diejenige Schlüpfrigkeit, welche den Lehmtheilen durch die beigemengten Humustheile gegeben wird, und welche sich als eine grössere und länger dauernde wasserhaltende Kraft manifestirt. Man kann das Wort Feinerde in der Wissenschaft bestehen, lassen für dieses Gemenge der beiden Bestandtheile, allein den praktischen Landmann in grössten Kreisen wird sein eigener von ihm gewählter Ausdruck doch mehr vor Irrthümern schützen.

Ist nun jeglicher Ackerboden durch die mechanische Hülfe des Wassers und eines einzigen Siebes in Feldsteine, Grand, Sand und Schlick zu zerlegen, so ist doch die Sonderung der beiden Bestandtheile des Schlicks in Lehm und Humus durch mechanische Mittel nicht möglich. Man sondert sie eben nur chemisch, indem man den Humus verbrennt oder durch geeignete Reagentien auflöst.

Der Schlick kann in sehr verschiedenen Verhältnissen aus Lehm und Humus gemengt sein. Im feuchten Zustande wird er immer plastisch erscheinen, im trockenen Zustande ist der humusreiche gewöhnlich staubig, der lehmreiche meistens hart. Da indessen auch der Lehm noch aus den verschiedensten Gemengtheilen zusammengesetzt ist, so kann selbst dieser noch im humusfreien Zustande von der Härte eines Steins bis zur Zerreiblichkeit des Amidams und zu wirklich staubartiger Beschaffenheit ni der Trockniss reichen.

Der Humus ist das Product der Verwesung von Pflanzen und Thieren, und da hierbei auch Säuren und Alkalien entstehen, welche den mineralischen Säuren und Alkalien im Lehm begegnen, so findet sich im Schlick auch noch ein Mittelglied zwischen Lehm und Humus, bestehend aus den feinkörnigen Niederschlägen der verschiedenen humussauren Salze von Kalk-, Talk-, Thonerde und Eisenoxyd. Nur diese Niederschläge und diejenigen Thier- und Pflanzenreste, welche durch den Zustand der Gahre vollständig staubförmig geworden sind, oder schon im Leben mikroskopischen Wesen angehörten, befinden sich bei der abgeschlämmten Erde. Andere minder zersetzte

und humificirte Pflanzenreste pflegen bei den Feldsteinen mit ausgelesen oder bei dem Grand mit ausgesiebt zu sein, während bei dem Sande nicht leicht Humustheile zurückbleiben, da es nur in Torf- und Haidelandschaften sowohl Flugsand als Saugsand mit Humuskörnern giebt.

Der humusfreie Lehm enthält von unterscheidbaren Gesteinbrocken nur noch die allerfeinsten Sandkörner und ebenfalls, oft in reichlichem Maasse, was für die Ernährung der Pflanzen wichtig ist, wenn es auch nicht immer genügend beachtet wurde, zarte, meistens durch begonnene Zersetzung silberweisse Glimmerblättchen. Ununterscheidbar für das blosse Auge, theilweise nachweisbar durch das Mikroskop oder durch chemische Agentien findet sich die Hauptmasse des Lehms gebildet durch eine ganze Reihe amorpher mineralischer Zersetzungs- und Niederschlagproducte.

Stellt man alle Gemengtheile des Lehms, soweit er Bodenbestandtheil ist, zusammen, so erkennt man aus deren hinreichend bekannten Eigenschaften zur Genüge, dass die unendlich verschiedene Fruchtbarkeit dieses Trägers der Vegetation aus dem quantitativen Verhältnisse seiner Theilchen entspringen muss:

I. Unterscheidbare Mineralien.
   1) feinste Sandkörner von Quarz, Edelsteinen und Titaneisen,
   2) feinste Glimmerblättchen,
   3) feinste Zeolithstäubchen (wasserhaltige Doppelsilicate von Thonerde und Alkali);

II. Hydrate, gefällte wasserhaltige Oxyde.
   4) Thonerdehydrat (in Alkali löslich),
   5) Kieselerdehydrat (in Alkali löslich),
   6) Eisenoxydhydrat (manganhaltig);

III. Aluminate, gefällte Thonerde-Verbindungen.
   7) Kalkerdealuminat,
   8) Talkerdealuminat,
   9) Ammoniakaluminat (kohlensäurehaltiges);

IV. Silicate, kieselsaure Salze, in der Regel mit Wassergehalt.

10) Thonerdesilicat (eigentlicher Thon im strengen Sinne des Wortes),
11) Kalkerdesilicat,
12) Talkerdesilicat,
13) Eisenoxydulsilicat;

V. Carbonate, kohlensaure Salze ohne Wassergehalt.
14) Kalkerdecarbonat,
15) Talkerdecarbonat,
16) Eisenoxydulcarbonat,
} die Bedingungen der mergeligen Beschaffenheit;

VI. Sulfate, schwefelsaure Salze mit Wassergehalt.
17) Gyps;

VII. Phosphate, phosphorsaure Salze mit oder ohne Wassergehalt.
18) Thonerdephosphat
19) Eisenoxydphosphat
20) Talkerdeammoniakphosphat
} in verschwindender Menge.

Alle diese Bestandtheile enthält der Lehm, in kleinsten jedoch unter dem Mikroskope erkennbaren, wenn auch nur zuweilen durch Reagentien unterscheidbaren Stäubchen, und nur in besonderen Fällen in gallertartiger Verfassung. Der Lehm in dieser seiner Gemengtheit, der für alle praktischen Zwecke als ein einheitlicher Bestandtheil mit wechselndem chemischen Gehalt betrachtet werden kann und muss, ist nicht bloss im Untergrunde die Ursache der grösseren oder geringeren Undurchlässigkeit, sondern er ist auch der Hauptsitz jener merkwürdtgen Eigenschaft der Ackererde, die man als Absorption bezeichnet hat, und die ihr zu der Phosphorsäure jene ganz eigene specifische Beziehung giebt, um derenwillen dieser ganze Excurs hier eingeschaltet werden musste. Durch die Absorption, diese früher ganz übersehene Thätigkeit, werden die drei wichtigsten Nahrungsmittel der Culturpflanze, welche zugleich am sparsamsten verbreitet sind, im Boden festgehalten, gegen das Auslaugen gesichert und gleichsam für die folgenden Generationen von Pflanzen aufgespeichert.

Was vorhin von dem geringen Phosphorsäuregehalt des aus dem Boden stammenden Drain- oder Quellwassers gesagt wurde, gilt ebenso von der wirklichen ruhenden Bodenflüssigkeit, die man in geeigneten Apparaten unter den Ackerkrume auffangen kann.

Der Gehalt steht durchaus nicht im richtigen Verhältniss zu der Menge von Phosphorsäure, welche man mittelst des Stalldüngers in das Erdreich bringt, oder zu der Menge, die man in einem Boden voraussetzen muss, dessen stetige Fruchtbarkeit man gewahrt, steht auch nicht im Einklang mit der Beobachtung, dass kohlensaures Wasser, wie es auf den Boden fällt und durch Humus noch angereichert wird, eben so wohl als die ammoniakalischen Salze des Düngers und des Humus, den scheinbar unlöslichen phosphorsauren Kalk des gedüngten Bodens löslich machen können.

Es ist Liebigs Verdienst, diesen Zwiespalt durch einfache summarische und praktische Versuche gehoben zu haben, indem er nachwies, dass diejenigen Lösungen der Säure, welche im Dünger vorhanden sein und entstehen können, nämlich phosphorsaurer Kalk und phosphorsaure Ammoniak-Magnesia in kohlensaurem Wasser das Erdreich nicht passiren können.

Vom Inhalte beider Lösungen, sorgfältig bereitet, blieb fast nichts übrig, wenn Liebig dieselben durch Ackererde filtrirte, und das ablaufende Wasser enthielt nur kohlensauren Kalk, den sich das kohlensaure Wasser aus dem Boden gezogen hatte.

Alle Acker- und Gartenerden, welche seitdem in diesem Sinne geprüft wurden, gaben das gleichstimmige Resultat, und andere Chemiker, welche die Versuche wiederholten, fanden die wunderbare Eigenschaft der Ackererde bestätigt, selbst wenn sie beliebige andere phosphorsaure Salze, die in reinem Wasser löslich sind, anwendeten. Die Absorption der Phosphorsänre geschieht sogar auffallend rasch. Je stärker die Lösung, desto mehr Phosphorsäure wird ihr entzogen, aber keine einzige, auch nicht die schwächste Lösung wird vollständig davon befreit, daher denn auch in allen Gewässern,

welche auf Erden circuliren, jenes oben erwähnte Quantum Phosphorsäure beobachtet wird, das der analytische Chemiker als „Spuren“ bezeichnet.

Die Ursache dieser Erscheinung ist zwar verschieden gedeutet und der geniale Entdecker selbst, verleitet durch die etwas abweichenden Erscheinungen in der Absorption der beiden anderen Hauptnahrungsmittel für die Pflanze, Kali und Ammoniak, hat der Ackererde auch für die Phosphorsäure eine von dem Chemismus abweichende, aneignende Kraft zugeschrieben, ein Analogon zu der entfärbenden und reinigenden Kraft der Kohle, allein es liegen jetzt Gründe genug vor, um sich für eine gegentheilige Meinung entscheiden. Die grosse Verwandtschaft der Phosphorsäure zu dem Eisenoxyd und der Thonerde machen es mehr als wahrscheinlich, dass diese beiden es sind, welche die Phosphorsäure festhalten, um mit ihr zwei höchst unlösliche fein vertheilte Salze zu bilden.

Nachdem diese Eigenschaft des Lehms der Ackererden als eine allgemeine erkannt war, und da man wusste, dass in jeder wirklichen Ackererde, die nicht blosser Dünensand ist, auch wenn sie im höchsten Grade arm an Kalk sein sollte, wenigstens lehmige Theile von Eisenoxydhydrat und Thonerdesilicat sich vorfinden, so konnte es Niemand mehr Wunder nehmen, dass selbst aus Basaltboden mit allerüppigster Vegetation das Bodenwasser beständig nur mit verschwindenden Mengen von Phosphorsäure erschien.

Ueber die Constitution der Phosphorsäure im Boden selber wird dadurch ein Licht gebreitet, welches bisher gefehlt hatte. Die Meinung, welche man so oftmals hört, dass phosphorsaurer Kalk in grösseren Mengen ein Bestandtheil des Ackerbodens sei, muss gänzlich aufgegeben werden, denn die beideu Lösungsmittel desselben, die Kohlensäure und das huminsaure Ammoniak, übertragen in kurzer Frist alle Phosphorsäure an die Eisenoxyde und an die Thonerde, und nur die fast ebenso unlösliche phosphorsaure Ammoniak-Magnesia giebt in reichgedüngten Bodenarten, denen Ammoniak und Magnesia nicht fehlten, das dritte feinerdige, phosphorsaure Salz ab.

Diese sicheren, ebenso sehr auf summarische Ackererde-Prüfungen, als auf die Prüfung isolirter Bestandtheile derselben gegründeten Thatsachen sind anch in völliger Uebereinstimmung mit den Erscheinungen, die man im grossen Haushalte der Natur beobachtet.

Um mit dem letztgenannten phosphorsauren Salze zu beginnen, erinnere man sich des interessanten, zu vielen wissenschaftlichen Streitigkeiten Anlass gebenden Minerales, des Struvites, welcher nach dem Brande von Hamburg bei der Aufgrabung des Grundes für die Nicolaikirche gefunden wurde.

Unter einem verschütteten Torfmoor hatte daselbst eine Kloake gelegen, welche nachmals selber verschüttet worden. Der Urin der Kloake hatte das Torfmoor getränkt. Die phosphorsaure Magnesia des Urins, welche zwei Drittheile seines Gehaltes an phosphorsauren Erdsalzen beträgt, hatte sich des im Torfe reichlich vorhandenen Ammoniaks bemächtigt und damit jenes wunderbare Salz gebildet, welches auf 1 Aequivalent Phosphorsäure 2 Aequivalente Magnesia und 1 Aequivalent Ammoniak enthält und mit 12 Aequivalenten Wasser zusammen eine gewaltige Krystallisationsbegierde hat. Dasselbige, was in jedem faulenden Urin geschieht, sobald aus der Zersetzung des Harnstoffes Ammoniak entstanden ist, dass sich ein Bodensatz von Krystallen der phosphorsauren Ammoniak-Magnesia bildet, das war hier im Grossen geschehen, indem das Ammoniak des Torfes die phosphorsaure Magnesia der Kloake zur Krystallisation zwang.

Die Krystalle des Struvites waren so ausgebildet, dass sie die Grösse einer Haselnuss und selbst einer Wallnuss erreichten und dabei trotz der umgebenden unreinen Massen theils vollständig, theils wenigstens an dem einen Ende weinklar erschienen.

Ein günstiger Zufall hat an dieser Stelle die Feuchtigkeit und die ammoniakalichen Salze geliefert, in denen das unlösliche Salz sich eine Zeit lang gelöst erhalten und zur Vollendung so grosser Krystalle dienen konnte. In trockenen Massen, wo dieselben constituirenden Bestandtheile vorhanden sind,

müssen die Krystalle kleiner ausfallen, wie das z. B. in manchen Guanosorten, namentlich in dem afrikanischen Saldanhaguano der Fall ist. (In demselben kann freilich auch, wie der Guanit lehrt, noch ein anderes ebenfalls unlösliches Salz aus den gleichen Elementen sich bilden.)

Was hier nun in einem so auffallenden Maasse geschieht, dass grosse Krystalle daraus hervorgehen, das kann und muss im Kleinen in mikroskopischem Maassstabe täglich erfolgen, wo eine urinöse Flüssigkeit oder ein Dünger voll phosphorsaurer Magnesia in der geschilderten Art mit dem Ammoniak der Ackererde oder des Humus zusammentrifft. Es wird daher die mikroskopische Bildung von Struvit und Guanit fast in jeder Ackererde vor sich gehen, wenn dieselbe auf gewöhnliche Weise oder selbst mit künstlich bereiteten phosphorsauren Salzen gedüngt wird, falls nicht von anderen, noch schärfer nach der Phosphorsäure begehrenden, Basen dieselbe vorweg genommen und streitig gemacht wird.

Solche noch begierigere Basen sind Eisenoxyd und Thonerde und bei deren ganz allgemeiner Verbreitung in der Ackererde kann es nicht fehlen, dass ihre Salze weit häufiger noch als das Doppelsalz der Magnesia zur Bildung kommen. Man hört zwar oftmals erwähnen, dass bei der Düngung mit den löslichen phosphorsauren Salzen der Superphosphate die Säure sofort an die im Boden vorhandene Kalkerde gehe, allein diese Deutung ist nicht zutreffend, denn wegen der viel grösseren Unlöslichkeit des phosphorsauren Eisenoxydes und der phosphorsauren Thonerde wird jedenfalls entweder im ersten Augenblick oder sonst doch, sobald die Kohlensäure wieder den phosphorsauren Kalk löset, eins von diesen beiden Salzen gebildet werden, und nur in unbedingtem Kalk- oder Mergelboden kann die Phosphorsäure auch bei der Kalkerde verbleiben. Der Grad der Unlöslichkeit ist in dieser Beziehung das Bestimmende und giebt dem Eisensalze den Vorsprung. Zwar gehört die phosphorsaure Thonerde schon zu den sehr schwerlöslichen Stoffen, indem erst 7 Millionen Pfund kohlensauren Wassers ein einziges Pfund phosphorsaure Thonerde

auflösen. Allein selbst aus dieser Lösung wird die Phosphorsäure noch durch Eisen niedergeschlagen.

Da der Lehm des Bodens ohne Ausnahme hinreichende Mengen von Eisenoxyden beherbergt, die Thonerde selbst, wenn auch vorhanden, doch weniger frei und für die Phosphorsäure schwerer zu finden ist, so kann man also mit ziemlicher Gewissheit sagen, dass die nährende Phosphorverbindung in der Ackererde vorzugsweise phosphorsaures Eisen sei, dass ihm sich die phosphorsaure Thonerde anschliesse, dass den dritten Rang in besonderen Fällen die phosphorsaure Ammoniak-Magnesia einnehme und dass der phosphorsaure Kalk nur unter den ihm besonders günstigen Bedingungen einen dauernden Bestand in der Ackererde haben könne.

Hieraus ergiebt sich denn, warum die Gewässer, welche durch die Erdoberfläche niedergezogen sind, so verschwindende Spuren von Phosphorsäure enthalten, warum man aus der Ackererde, auch wenn sie sehr fruchtbar ist, fast gar keine Phosphorsäure mit Wasser ausziehen kann, warum die gewöhnlichen Düngestoffe ihren Gehalt an löslicher Phosphorsäure nicht an das Bodenwasser geben, warum selbst die ausdrückliche Zufuhr löslicher Phosphorsäure im Boden festgehalten wird.

Dass diese Befestigung der Phosphorsäure durch das Eisenoxyd wirklich stattfindet, kann man in einzelnen Fällen sehr anschaulich nachweisen. An denjenigen Stellen, wo durch Vertorfung von Pflanzen eine grössere Menge löslicher und lösender Humussäuren und namentlich Quellsäure sich bilden, da pflegt die Quellsäure die zusammengesetzten Mineralien des Bodens, namentlich die Feldspathe, zu bleichen, indem sie ihnen die färbenden Eisenoxyde entzieht.

So entsteht lösliches, quellsaures Eisenoxyd, das mit dem Wasser in die Tiefe zu dringen strebt, und verdunstend den Sand verkittet, bis es sich selbst einen undurchdringlichen Untergrund geschaffen hat.

Dann sammelt es sich an der Oberfläche der Niederungen in grösserer Menge an, bildet den Niederschlag des Rasen-

eisensteines und hat hier Gelegenheit, sich mit den phosphorsauren Salzen zu zersetzen, welche durch den Abfall der Vegetation und der Thierwelt oder durch künstliche Düngung in die Bodenflüssigkeit kommen.

Es concentrirt sich dadurch, in ähnlicher Weise wie bei dem Struvite, nur nicht krystallisirend, die Phosphorsäure als phosphorsaures Eisenoxyd in diesen Erzen, von denen oft die niedrige Oberfläche ganzer Landschaften bedeckt ist, dergestalt, dass die 1 bis 2 Fuss dicke, und bei dem hohen specifischen Gewicht schon in kleinen Blöcken centnerschwere Erzbildung meistens 1 bis 2, ja in seltenen Fällen sogar 6 bis 10 Procent Phosphorsäure enthält.

Ueberblickt man die Bedeutung dieser Thatsache, so ergiebt sich, dass in solchen Niederungen 1 bis 10 Pfund Phosphorsäure nahe unter der Oberfläche auf jedem einzelnen Quadratfuss ruhen, und zwar in Landschaften, welche fast immer nur geringe Fruchtbarkeit von jeher gehabt haben. Was hier durch die eigenthümliche Art der Concentration sichtbar geworden, und sich besonders im Schmelzprocesse des Eisenerzes verrathen hat, das muss ebenso in jedem Theile der fruchtbaren Ackererde vor sich gehen, entzieht sich nur in dem Gemenge verschiedenartiger Bestandtheile der Aufmerksamkeit. Da die phosphorsauren Salze der anderen Schwermetalle eben so unlöslich sind, als die des Eisens, so würden sie, wenn sie allgemeiner im Boden verbreitet wären, dieselbigen Erscheinungen zeigen. Wo Erzgänge in Berührung mit den Gewässern der Oberfläche sind, am Ausgehenden derselben, da sind sie denn auch in der Regel durch phosphorsaure Metallsalze ausgezeichnet. Was sich auf Eisensteingängen des Gebirges wiederum nur durch die schlechte Beschaffenheit des gewonnenen Eisens vom Ausgehenden verräth, das zeigt sich deutlicher und ähnlich wie bei dem Struvite durch die schönen Krystalle des phosphorsauren Bleioxydes und der mancherlei phosphorsauren Kupfererze auf den Bleiglanz- und Kupferkiesgängen.

Ein glücklicher Zufall ermöglicht es, diese Functionen des Eisens noch specieller zu verfolgen, da zwar das phosphorsaure Eisenoxyd völlig unscheinbar und nur durch Analyse zu verfolgen ist, das phosphorsaure Eisenoxydul aber, wo es mit der Luft in Berührung steht oder stand, sich durch eine schöne blaue, in den gemeinen Erdmassen sonst sehr ungewöhnliche Farbe auszeichnet und leicht wahrgenommen werden kann. Eisenoxydulsalz aber bildet oftmals sich statt des Eisenoxydsalzes, oder in Folge von dessen Anwesenheit, wenn, wie dies meistens der Fall ist, reducirende vegetabilische Stoffe mit zur Wirksamkeit kommen.

In allen Gegenden, wo Torfmoore zu Hause sind, deren reducirende Thätigkeit im Boden beständig wahrnehmbar ist, wird eine lichte smalteblaue Erde gefunden, welche vielmals nur den untersten Schichten des Moores eigen ist. Im frisch gegrabenen Zustande weiss, wird sie an der Luft, wahrscheinlich durch anfangende Oxydation, sehr schnell blau, und gilt im täglichen Leben als das Anzeichen eines guten Torfes.

Man sieht im Torf nicht blos die Hohlräume der bis auf die Rinde verschwundenen Wurzeln, Zweige, Stämme damit erfüllt, sondern auch ganze Nester, darin ausgeschieden oder ganze Lagen daraus gebildet, welche nur hin und wieder mit kleinen Knorpeln von Raseneisenstein erfüllt zu sein pflegen. Wo Torf und Raseneisenstein einander überlagern oder seitlich berühren, pflegt dann auch jeder Hohlraum des schlackenähnlich durchlöcherten Eisensteins mit der Blaueisenerde erfüllt zu sein. Die aufgehäuften Mengen phosphorsauren Eisenoxydules sind an diesen Stellen oft so bedeutend, dass sie gewonnen und als Dünger dem Boden einverleibt werden könnten. Man hat recht oft schon eine tüchtige Düngerwirkung davon beobachtet, allein trotz der, gerade in diesen Gegenden oft hervortretenden Bodenarmuth, pflegt doch die Indolenz noch grösser zu sein, welche das Ding auf sich beruhen lässt, nicht ahnend, dass Alles, was von den theuren Superphosphaten für den Bedarf der Pflanze übrig bleibt, bald nach der Ausstreu ebenfalls nur ein phosphorsaures Eisenoxyd ist. —

Man findet meistens in den Handbüchern der Bodenkunde diese wichtige Verbindung nicht einmal erwähnt. Möchte sie, da sie nur die sichtbarere Schwester des unsichtbaren phosphorsauren Eisenoxydes ist, jetzt bald eine grössere Beachtung erfahren, und mit als Leitfaden bei der Beurtheilung der Vorgänge im Boden dienen.

Als ganz vereinzelte Vorkommnisse ausser denen des Torfes berichtet man in mineralogischen Handbüchern von 2 oder 3 Thongruben, welche namentlich genannt werden, dass sich Holzreste mit Ueberzug von dieser blauen Erde darin gefunden haben, und dass in Neuseeland die Eingeborenen sie aus einem Thonlager sammeln, um sie als Farbe zu benutzen.

Dass aber die Blaueisenerde eine weit verbreitete Erdart in den oberflächlichen Schichten unserer Erdrinde sei, wird nirgends hervorgehoben. Und doch findet sie sich ganz allgemein, wo zufällig Eisentheile in der Erde liegen und von der circulirenden Phosphorsäure berührt werden, oder wo Pflanzen- und Thierreste liegen und von Eisensalzen der Bodenflüssigkeit getroffen werden, oder wo eine eisenhaltige Flüssigkeit des Untergrundes der phosphorsäurehaltigen von der Oberfläche begegnet.

So gut ein eiserner Nagel im Straussenmagen sich mit Blaueisenerde bedeckt, so gut überzieht er und jedes andere Eisenbruchstück, das im fruchtbaren Boden verloren wurde, sich mit demselbigen Staube. Der Verfasser hat zahlreiche Alterthümer der Eisenperiode damit bedeckt gefunden. Das blaue Pulver ist so zu sagen die *aerugo nobilis* dieser Antiquitäten.

Von Knochen, Hirschhörnern und dergleichen Thierresten kann man aber in Erdschichten, welche Eisenvitriol enthalten, wie fast jeder Untergrund mit reducirenden Pflanzenstoffen thut, nicht einen aufheben, der nicht mit Blaueisenerde bedeckt wäre.

Wer jemals den Pflasterarbeiten oder den Röhrenlegungen in den Städten beiwohnte, und die Knochen aus der Tiefe aufwerfen sah, muss sich von dieser Thatsache überzeugt haben.

Die von Eisen blau gefärbten subfossilen Zähne haben sogar zu einer eignen Industrie, der Benutzung des sogenannten falschen oder Zahntürkis geführt. Aber hier ist das Erscheinen nur an den eingelagerten fremden Körper geknüpft, wenn gleich man mit Recht voraussetzen darf, dass es mit den kleineren Bruchstücken solcher Körper in niederem Grade die ganze Erdschicht durchdringt.

Dagegen ist aber an den Stellen, wo Unter- und Oberwasser sich zersetzen, zu beobachten, dass Landschaften von ungeheurer Ausdehnung damit durchdrungen sind.

Der Verfaser hat schon im Jahre 1846 in seiner Festschrift für die 11. Versammlung Deutscher Land- und Forstwirthe in Kiel auf die allgemeine Verbreitung dieser wichtigen Erde aufmerksam gemacht. Er kann dieselbe, gestützt auf zahlreiche Beobachtungen in allen Theilen der Marschen, jetzt noch entschiedener betonen.

Unter dem Marschboden, in verschiedenen Tiefen, oft schon in 1—2 Fuss, oftmals auch erst in grösserer Tiefe, in der Regel dort, wo Untergrund und Obergrund sich begegnen, bildet das phosphorsaure Eisenoxydul einen ganz allgemeinen, sichtbaren Bestandtheil der Erde.

In jeder Lücke des Bodens, an jedem eingeschlossenen vegetabilischen oder thierischen Reste, besonders aber in den Hohlräumen der Wurzeln früherer Rohr- und Equisetum-Vegetationen, ist es bis zur völligen Ausfüllung der Hohlräume ausgeschieden, dadurch verkündend, dass die umgebende Erde noch keineswegs daran erschöpft sei, und dass es zu deren circulirenden Theilen gehört.

Der Spatenstich im Graben bringt die Substanz mit weisser Farbe zu Tage und nach Verlauf einer Woche ist sie bereits vollständig blau, oftmals schön kornblumenblau, in der Regel himmelblau oder smalteblau geworden.

Zahlreiche Quadratmeilen in dem Mündungsgebiete der Elbe und Weser und an den Küsten der Nordsee zeigen in ihrer Tiefe die bezeichnende Erscheinung, und es ist kein Grund, zu zweifeln, dass nicht die Deltaländer aller Theile der

Erde und die mit Auenboden gefüllten Thäler des mittleren Laufes der Ströme, in welchen beiden die Phosphorsäure mit dem Schlick und Schlamm reichlich abgesetzt wurde, dieselbe Erscheinung zeigen. Ja, es ist Grund genug, auch bei den Deltaländern früherer Erdperioden das Gleiche vorauszusetzen, wenigstens hat der Verfasser an Knochen und Hölzern, die in tertiären, dunklen Thonen liegen, vielerwärts und selbst in den tiefsten Schichten des Londonthones bei Anlage der unterirdischen Eisenbahn die gleiche Erscheinung beobachtet.

Die bläuliche Färbung mancher fetten Bodenarten, wenn die tief ausgestochenen Grabenränder eine kurze Zeit der Luft ausgesetzt waren, die blaue Färbung des Marschmergels, dessen ausserordentliche Wirkungen auf dem Acker sonst kaum erklärlich wären, deuten auf einen reichen Gehalt von phosphorsaurem Eisenoxydul.

Aber nicht blos die Marschmergel haben dieses Wahrzeichen des Phosphorsäuregehaltes. Auch andere Mergel, welche zu verschiedenen Stufen der Diluvialformation gehören, offenbaren dadurch ihre Natur. Fast immer haben die Analytiker in denjenigen Mergeln, welche sich durch grosse Wirkung auf den Körner-Ertrag auszeichnen, erheblichen Gehalt an Phosphorsäure gefunden, und wenn derselbe auch wohl meistens in den Analysen als phosphorsaurer Kalk aufgeführt steht, wird man ihn doch grösstentheils in der Gestalt phosphorsaurer Eisenoxyde sich vorstellen müssen, denn gerade diese Mergel pflegen sich durch ihre blaue Farbe auszuzeichnen.

Im westlichen Schleswig, wo eine weitverbreitete Mergelbildung aus der Gletscherperiode unter dem Haidesande zu finden ist, zeigt sich die blaue Farbe als Kennzeichen höherer Fruchtbarkeit sehr deutlich.

Wie bedeutend die Masse des phosphorsauren Eisenoxyduls in einem Terrain ist, das von fruchtbaren Gewässern durchfeuchtet wird, das hatte der Verfasser zu sehen Gelegenheit, als im Sommer 1846 der sogenannte Galgenteich bei Kiel, der seine Zuflüsse von wohlbebauten Feldern hat, und dessen

Wasser für die Stadt zum Trinken benutzt wurde, abgelassen war, um seinen Boden zu vertiefen:

Nicht blos war in dem Schlammabsatz dieses Teiches jeder Hohlraum der Wasserpflanzen und ihrer Ueberbleibsel mit Blaueisenerde erfüllt, jedes Bruchstück damit umkleidet, sondern auch unter dem Schlamm, in reinem steinigen Diluvialmergel war jede Kluft, jede Lücke, jeder Hohlraum der Steine, mit schönen Drusen eines wasserklaren, gypsähnlichen Salzes candirt, dessen Krystalle nach kurzer Zeit undurchsichtig und blau wurden, und sich so als phosphorsaures Eisenoxydul auswiesen.

Die Mittheilung dieser Thatsache im Jahre 1846 ist freilich unbeachtet geblieben, allein mit Unrecht, denn wenn mitten im Mergel eine solche Krystallisation stattfindet, so ist es doch wohl klar, dass die Phosphorsäure lieber das wasserhaltige Eisensalz, als das wasserfreie Kalksalz bildet, und die ganze Erscheinung wird dadurch von Wichtigkeit für das richtige Verständniss der Verfassung der Phosphorsäure im Ackerboden.

Wir werden später noch sehen, dass zu den phosphorsäurereichsten Gesteinen die Laven, die Basalte und die Hornblendgesteine gehören. In diesen ist die Phosphorsäure mit dem Steingeflecht selber innig verbunden, aber das Eisen weiss sie doch auf die Oberfläche zu locken, denn gerade Blasenräume von Laven und basaltischen Gesteinen im Val di Noto, Klüfte im Hornblendgestein und Syenit zu Kongsberg und Laurvigen hat man mit Blaueisenerde erfüllt oder überzogen gefunden.

Selbst die Krystalle dieses Eisensalzes in älteren Gesteinen, welche Werner nach dem ersten, ihm durch *Vivian* aus Cornwall zugesandten Muster *Vivianit* benannte, zeigen mit grosser Bestimmtheit an, dass bei jeder Begegnung der Phosphorsäure mit dem Eisen sich phosphorsaure Eisenoxyde bilden und die anderen Basen verdrängen. Die Krystalle vom *Vivianit*, welche man kennt, mit Ausnahme derjenigen auf den Siebenbürgischen Goldgängen zu Vöröspatak, deren Beziehungen zum Nebengestein nicht recht klar sind, erscheinen alle nur da, wo Eisenerze vom Oberflächengewässer getroffen werden,

oder wo thierische Reste der Berührung von Eisenoxydul ausgesetzt sind, oder wo eisen- und phosphorsäurereiche Gesteine verwittern.

Auf den Magnetkiesgruben in Cornwall und zu Bodenmais, auf dem Brauneisenstein zu Amberg, auf Wiesenerz in Westphalen ist das Erste, in den Hohlräumen von Erdbrandschlacken und Laven das Letzte der Fall.

Die Berührung der Eisensalze mit organischen Körpern aber ist auch zur Bildung von Krystallen des Vivianites viel häufiger Anlass gewesen, als man gewöhnlich glaubt. Haidinger erzählt von einem, in den schlesischen Galmeigruben verschütteten Bergmann, in dessen Schenkelknochenröhren Vivianitkrystalle entstanden, Sandberger von Pferdezähnen, in deren Schmelzfalten wasserklare bis indigoblaue Krystalle steckten.

In Cementsteinknollen von Kertzsch auf der Krimm und in eben solchen Cementsteinknollen des tertiären Glimmerthones der Insel Sylt sind in und neben den Muscheln und Schnecken Vivianitkrystalle beobachtet; in einem Bohnerzsandstein von New-Yersey sind Belemniten zu verwirrt-strahligem Vivianit verwandelt und in dem tertiären Sphärosideritsandstein der Insel Sylt liegen Fischwirbel- und Cetaceenknochen theils gänzlich von Vivianit eingehüllt, theils durchdrungen davon und auf den Spalten mit schönen blauen Krystallen geschmückt. Es ist in der That kaum nöthig, sich noch weiter über diese bedeutsamen Zeichen zu verbreiten.

Bei sorgsamer Beachtung, namentlich des erdigen Eisenblau, wird sich noch weit allgemeiner die Sistirung der circulirenden Phosphorsäure durch Eisenoxyde in der Ackererde beobachten lassen; ebenso wie sie längst von den Hüttenwerken bei allen Eisenerzen beobachtet ist, welche innerhalb der geschichteten Gebirgsmassen, also unter dem Einflusse der Ueberbleibsel auch organischer Wesen als Eisenoxydhydrate, Eisenoxydulsilicate und Eisenoxydulcarbonate abgesetzt wurden.

Nur in ganz seltenen Fällen ist wegen grösserer Unlöslichkeit und geringerer Krystallisationslust ausser dem phosphorsauren Eisenoxydul auf den Eisensteinen auch das phosphorsaure Eisenoxyd sichtbar ausgeschieden und zwar immer in concentrisch strahligen Krystallen. Als unwillkommenen Fremdling für den Eisenhüttenmann hat man das Mineral *Kakoxen* genannt, da dieser Name ein solches Verhältniss ausdrückt. Viel häufiger wird das phosphorsaure Eisenoxyd in der Masse des Brauneisensteins eben so gleichmässig vertheilt sein, wie in der Masse des Raseneisensteins, und was in diesen beiden Erzen der Oberfläche eintritt, das muss auch in den Ackererden der Oberfläche der Fall sein, denn für die immer noch kleinen Mengen der Phosphorsäure hat jede beliebige Ackererde ebensogut Eisenoxyd genug als das reichste Eisenerz.

Im Innern der Kalkgesteine zeigt die Phosphorsäure oftmals ein anderes Bestreben. Es ist keinem Zweifel mehr unterworfen, dass die Kalkgesteine der Erde aus den Ueberbleibseln kalkschaliger Thiere entstanden sind. Alle diese Thiere hatten im Leben Phosphorsäure in ihrem Fleisch und in ihren Säften, hatten einen kleinen Theil Phosphorsäure in ihren Schalen, und wenn der Procentgehalt auch nur ein kleiner ist, so bildet doch die Summe der ganzen Phosphorsäure in den oft viele hundert Fuss mächtigen und über viele Quadratmeilen erstreckten Kalkgebirge auch bei dem kleinsten Procentsatz eine ungeheure Menge, welche, aus einem einzelnen grösseren Kalkgebirge gesammelt, hinreichen würde, um die Aecker der ganzen Welt zu düngen. Obgleich nun der kohlensaure Kalk selber durch das circulirende kohlensaure Wasser in Bewegung gesetzt wird, dieses also im Innern des Kalksteins scheint gesättigt sein zu müssen, so lehrt doch die Erfahrung, dass in den Kalksteinen auch der phosphorsaure Kalk in Bewegung ist. Wie der kohlensaure Kalk sich als Tropfstein nach den Höhlen zieht, so zieht sich der phosphorsaure Kalk meistens ähnlich der in den Kalksteinen befindlichen Kieselsäure nach den Gesetzen der chemischen Massen-Attraction dahin, wo ein Knochen, eine Gräte, eine Schuppe, ein Zahn,

oder der mit diesen Theilen gefüllte Koth eines Raubthieres den ersten Anlass gab, um Concretionen phosphorsauren Kalkes ebenso entstehen zu lassen, wie Feuersteine, Halbopale und Hornsteine inmitten der Kalksteine sich knollenförmig gesammelt haben, oder wie sich Cementsteinknauern und Sphärosiderite inmitten der Thonlager zusammenziehen. Von diesen Erscheinungen wird wegen ihrer praktischen Bedeutung noch später im Einzelnen die Rede sein.

Ganz anders wiederum wird und muss sich im Allgemeinen die Phosphorsäure in thonigen Gesteinen verhalten. In ihnen ist die Ansammlung thierischer Reste eine viel geringere. Die meisten von ihnen sind entstanden durch den Schlamm der Flüsse als Deltaflächen oder Ausfüllungen des Meeresgrundes und führen daher von Anfang an die Phospsorsäure in derselben Weise, wie wir von dem Lehm oder Schlick bereits geschildert haben, nach den Gesetzen der Absorption gebunden an Eisenoxyde und vielleicht theilweise an Thonerde. Hier kann deshalb eine weitere Concentration des Phosphates im Allgemeinen nicht mehr Statt finden, und selbst wenn grössere thierische Ueberreste als Kalkphosphat dem Thone eingebettet sind, so wird dasselbe nach seinem Uebergange in die Bergfeuchtigkeit bald Eisenoxyd und Thonerde genug vorfinden, um wieder gefesselt zu werden. Das bezieht sich auf alle aus dem Wasser gebildeten Thongesteine, auch auf die ältesten, die wir als Thonschiefer kennen. Dass in ihnen allen die genauere Untersuchung Phosphorsäure nachgewiesen hat, ist Thatsache und musste auch ihrer Entstehung nach angenommen werden. Nach Analogie der Thongesteine wird man auch die thonigen Sandsteine beurtheilen müssen wie die kalkigen Sandsteine nach Analogie des Kalksteins. In beiden ist das Gestein gleichsam nur durch Sand verdünnt.

Bei allen diesen thonigen Gesteinen wird man grössere Ansammlungen der phosphorsauren Salze im Allgemeinen nicht erwarten können, in ihnen ruht die Säure wie in der Ackererde.

Aber eine absolute Ruhe findet doch nicht Statt, denn wie die Krystalle des Struvites und des Vivianites, so verrathen auch die Krystalle der phosphorsauren Thonerde, dass selbst dieses unlösliche Salz der langsamen Wanderung fähig ist.

Auf den Klüften des Thonschiefers und verwandter Gesteine hat man dergleichen Krystalle gefunden, welche den mineralogischen Namen *Wawellit* erhalten haben. Auf weiteren Spalten erscheint dies Mineral in schönen, halbkugeligen Gestalten, die dicht an einander gedrängt stehen, und die, wenn man sie zerbricht, aus lauter strahligen, von dem Mittelpunkt ausgehenden Krystallen zusammengesetzt sind. Auf engeren Klüften sind die Halbkugeln verdrückt und die den Raum ganz ausfüllende Platte besteht aus strahligen Kreisen, die sich gegenseitig drängen und beschränken und dadurch zu Fünf- oder Sechsecken werden, so dass das Ganze einer Sternkoralle ähnlich sieht. Indem sich diese Ausscheidung auf den Klüften des Thonschiefers, der Grauwacke und des Kieselschiefers zeigt, zuweilen sogar zerknickte Schiefer zur Breccie verkittet, offenbart sie nicht blos, dass die phosphorsaure Thonerde einer Wanderung fähig ist, sondern zugleich, dass sie einen wirklichen Bestandtheil jener Gesteine bildet.

Thonerde und Eisenoxyd sind nahe mit einander verwandt, sie sind isomorphe Oxyde von ähnlichen Eigenschaften und daher nicht blos in den Niederschlägen des Laboratoriums, sondern auch in den allgemein verbreiteten Mineralien stets vergesellschaftet oder für einander vicarirend.

Auch ihre phosphorsauren Salze sind gleichartig zusammengesetzt und krystallisiren vollkommen ähnlich, denn der vorhin erwähnte Kakoxen bildet dieselben mit Strahlen-Radien gefüllten Kreise von der Grösse eines Groschens auf Klüften, wie der Wawellit.

Als Parallelgebilde durch die Analyse, wie durch die Krystallisation bezeichnet, hat die Natur den Wawellit und den Kakoxen wenigstens ein Mal ganz anschaulich als Producte derselben langsamen Wanderung der Phosphorsäure im Gesteine vor Augen gestellt.

Zu St. Benigna bei Beraun in Böhmen hat man Klüfte, welche durch Thonschiefer und Brauneisenstein hindurchgehen, so weit sie in ersterem Gestein sind, mit Wawellit, so weit sie in letzterem Gestein sind, mit Kakoxen überrindet gefunden, deren ganz gleichartige dichtgedrängte Kreise sich nur durch die veränderte Farbe unterscheiden.

Keine Thatsache ist im Stande, die oben ausgesprochene Behauptung, dass die circulirenden phosphorsauren Salze, wo sie auf Thonerde oder Eisenoxyd treffen, sich mit jedem der beiden zersetzen und dann, wenn auch weit langsamer, als phosphorsaures Eisenoxyd und phosphorsaurer Thonerde, weiter wandern, deutlicher zu illustriren. Denn was an einer Stelle von Menschen gesehen worden, das steckt an tausend Stellen ungesehen in der Erdrinde, und was an einer Stelle mit blossen Augen wahrnehmbar, das kann und muss mikroskopisch, unsichtbar, überall erfolgen, wo die ganz allgemein verbreiteten Bedingungen sich wiederholen.

Bei der grossen Unlöslichkeit beider genannten Salze kann deren Ansammlung nicht weiter gehen, als bis zu einer Kluftausfüllung und Ueberrindung der Gesteinsbruchstücke. Das Hauptquantum derselben wird sich immer unsichtbar inmitten des Gesteines aufhalten, das unlösliche Thonerdesalz im thonigen Gestein, das unlösliche Eisensalz im eisenschüssigen Gestein, beide aber können trotz ihrer Unlöslichkeit im Laufe der Zeit doch so weit wandern, um eine Kluft auszufüllen und Krystalle zu bilden, beide können also im Ackerboden auch nicht blos sich von den Wurzelzasern suchen lassen, sondern denselben sogar entgegenkommen.

Der ächte Türkis, ein undurchsichtiger Edelstein, den man wegen seiner schönen himmelblauen Farbe liebt, und den man, rundlich geschliffen, vielfach im Orient auf den Waffen und bei uns als Ringstein verwendet, ist phosphorsaure Thonerde, welche ganz ebenso wie der Wawellit auf Klüften des Thonschiefers und Kieselschiefers in Sachsen und Schlesien, besonders aber in Tibet und Persien vorkommt, aber unkrystallisirt, in sich amorph, als Zeichen der schwerfälligen Bewegung der

mit ihm getränkten Bergfeuchtigkeit. Vielleicht gehörten Millionen Jahre dazu, um diese kleinen Türkise aus dem Thon- und Kieselschiefer hervorzulocken. Wer sie in seinem Ringe trägt, der führt darin ein Symbol der bedeutsamen Thatsache, dass die Phosphorsäure in dem feinen Thonschlamm der ersten Epoche des Lebens auf Erden ebenso zurückgehalten wurde, wie jetzt in den fruchtbaren Deltaländern und in der Ackererde selbst, nämlich durch Thonerde; ein Symbol der Thatsache, dass der Boden seine Phosphorsäure zwar gern den Pflanzenwurzeln abgiebt, den blos chemisch lösenden Agentien der Erdoberfläche aber zum Heil der Vegetation sie nur in verschwindenden Mengen wieder auskehrt; ein Symbol des von Liebig entdeckten wichtigen Naturgesetzes von der Absorption der Phosphorsäure durch die Ackererde.

Wie man auch die geschichteten Gesteine der Erde durchsucht und durchforscht hat, niemals hat man in ihnen andere phosphorsaure Mineralien gefunden, als in Kalksteinen das ursprüngliche oder übertragene magnesiahaltige Kalkphosphat, und sonst das schön krystallisirte Magnesia-Ammoniakphosphat und die eben geschilderten Eisen- und Thonerdesalze.

Was man daher auch früher über die im Boden vorhandenen Mengen von Kalkphosphaten berichtet und analytisch vermeintlich festgestellt hat, Alles wird man auf Ammoniakmagnesia-, Thonerde- und Eisenphosphat beziehen müssen, denn diese Oxyde sind es, denen wir zu danken haben, dass die Phosphorsäure für unser Bedürfniss im Boden festgehalten wird.

Eine quantitative Bestimmung der Kalkphosphate oder überhaupt der Phosphorsäure im Boden ist schon an sich bei den kleineren Mengen, selbst nach der Titrirmethode, schwierig, da die Ackererde durch irgend einen aus der grossen Zahl ihrer Gemengtheile leicht eine Störung verursachen kann, an die man nicht gedacht hat.

Als das Preussische Landes-Oekonomiecollegium 1848 eine Anzahl Ackererden aus allen Theilen des Staates untersuchen liess, fanden sich die Mengen der Phosphorsäure von 2 bis 6 pro Mille. Gegenwärtig darf man als den mittleren Gehalt

eines Bodens von mittlerer Fruchtbarkeit nur 1 pro mille betrachten. Die berühmteste fruchtbare Erde der südrussischen *Tschernosem* hat nach vielen Untersuchungen ungefähr 6 pro mille, daher denn auch den allerfruchtbarsten Bodenarten Deutschlands kaum ein halbes Procent Phosphorsäure zugesprochen werden kann, während der Haidesand mancher Districte Norddeutschlands und Dänemarks, der belgischen und holländischen *Campine* und der südfranzösischen *Landes* nur auf 10,000 Pfund Erde ein Pfund Phosphorsäure beherbergt.

Berechnet man übrigens diese winzigen Mengen auf das Oberflächenmass, das der Cultur unterliegt, und zieht das gewaltige Aneignungsvermögen der Pflanzenwurzel für die letzten Spuren der Phosphorsäure in Betracht, so ist auch der kleinste Gehalt noch bedeutsam. Bei einem Gehalte von 1 pro mille und einer angenommenen Tiefe der Ackerkrume von 1 Fuss ist immer noch Vorrath für 250 volle Waizenernten.

Man vergegenwärtigt sich nur schwer das ungeheure Gewicht des Erdreiches, welches auf einer Hectare Bodens die Ackererde ausmacht, und hat daher auch von der Phosphorsäuremenge stets zu kleine Vorstellungen. Selbstverständlich aber kann die Pflanze, da sie nicht eine mit den Nahrungsstoffen gefüllte Bodenflüssigkeit aufsaugt, sondern vielmehr die von ihren Wurzelzasern berührten Erdtheile gleichsam aussaugt, stets nur einen verhältnissmässig kleinen Theil des Ganzen entnehmen. Diesem Umstand allein ist die Stabilität des Ackerbaues zu danken. Ohne denselben würden die meisten Landgüter in kurzer Frist vollständig ausgesogen werden. Demselben Umstande aber ist es auch zu danken, dass die Pflanze für die zurückgegebene Säure, welche im Dünger enthalten ist, trotz der geringen Menge derselben, sich so ausserordentlich dankbar beweist, weil diese in einer Verfassung ist, welche sie leichter assimilirbar macht. Auch der Stallmist hat ja nur ein Viertel Procent Phosphorsäure, allein wenn ein Quantum von 20,000 Pfund auf die Hectare Landes gebracht wird, so genügen die darin enthaltenen 50 Pfund Phosphorsäure vollständig für eine ganze Ernte, sei es Kornfrucht,

Hülsenfrucht, Rüben oder Kartoffeln, und der Acker bleibt rücksichtlich der Phosphorsäure ungeschädigt zurück.

Ausser der Ackererde, wie sie bereits unter dem Pfluge befindlich ist, hat man nun, begierig, auf die eigentliche Heimath der Phosphorsäure zurückzukommen, fast alle Erd- und Steinarten, welche man kennt, einer Prüfung auf den Phosphorsäuregehalt unterzogen. Bisher hat kein einziges Gestein und keine einzige Erdart einen absoluten Mangel an Phosphorsäure gezeigt.

Es würde die Leser ermüden, und würde nur eine Aufzählung von Namen sein, sollte das ganze Register der Gesteine und Erden und der verschiedenen Localitäten von denen sie entnommen waren, aufgeführt werden.

Möge es genügen, zu erwähnen, dass nicht blos alle plutonischen, altvulkanischen und neuvulkanischen Gebirgsarten, sondern ebenso alle Gesteine des metamorphischen Schiefergebirges, alle geschichteten Gesteine und lockeren Erdmassen geprüft wurden, ja dass selbst die aus Kieselpanzern entstandene Infusorienerde einen Gehalt ergeben hat.

Von allen Chemikern hat *Forchhammer* in Kopenhagen das sinnreichste Verfahren eingeschlagen. Durch Schmelzen der Gesteine und Erden mit Kochsalz ist es ihm gelungen, jedesmal den grössten Theil des Phosphorsäuregehaltes in den Kochsalzkuchen hineinzuziehen, woselbst er in der Form der krystallisirten phosphorsauren Kalkerde des Apatites erschien und bei der Auflösung des Kochsalzes zurückblieb.

In seinem mündlichen Bericht an die dänische Akademie der Wissenschaften sagt er nach dem Protocoll ihrer Verhandlungen von 1853 darüber Folgendes:

„Durch fortgesetzte Untersuchung über die Bildung des Apatites mittelst einer Schmelzung in Kochsalz fand ich, dass man auf diese Weise die Bestandtheile des Apatites, und namentlich die Phosphorsäure aus den allermeisten plutonischen und metamorphischen Gesteinen, und aus deren Verwitterungsproducten, die den grössten Theil des Bodens bilden, herausziehen kann. In dieser Beziehung habe ich

untersucht den Grünstein der skandinavischen Ur- und Uebergangsformation, unserer Geschiebeformation und der grossen Trapbildung in Grönland, wie auch den Basalt von Steinheim und eine grobkörnige Lava von Island. Ferner wurde Apatit gebildet aus drei Varietäten des Granitgneus von Bornholm und zwei Varietäten des Glimmerschiefer."

Forchhammer erzeugte auf dieselbe Weise Apatit auch aus einem geschiebehaltigen Mergel des Diluviums der Insel Möen, wie er in Dänemark und im ganzen Gebiet der norddeutschen Ebenen zum Mergeln verwendet wird, dem jetzt sogenannten Gletschermergel, ferner aus dem gewöhnlichen gelben Geschiebelehm gleichfalls von der Insel Möen, aus einem Ziegelstein von Ekensund am Flensburger Hafen, der aus dem Mergel des untern steinfreien Diluviums gebrannt wird, aus der jungen unbedeichten Marscherde der Insel Sylt, aus einer Gartenerde der Umgegend von Kopenhagen.

Andere Forscher haben besonders in allen mergeligen und in allen basaltisch vulkanischen Gesteinen einen grossen Reichthum an Phosphorsäure gefunden.

Manche Mergelbodenarten der Muschelkalk- und Keuperformation in Mitteldeutschland und viele dolomitische, namentlich auch bituminöse Kalksteine der Zechsteinformation in Thüringen, sind so reich an Phosphorsäure, dass ihre Krume keinen Dünger bedarf und doch fortwährend reichliche Ernte von Hülsenfrüchten und Weizen und köstliche Kernobstfrüchte liefert. Dasselbe gilt von den Lava- und Basaltgesteinen aller Gegenden. Mit Recht hebt Bischof in einer Anmerkung zu seiner Geologie dieses hervor:

„Als ein indirecter Beweis für die Gegenwart der Phosphorsäure, nicht blos in der Niedermendiger Lava, sondern überhaupt in basaltischen nnd lavaartigen Gesteinen, woraus die vielen Kuppen in den Umgebungen des Laacher Sees meistens bestehen, gilt die überaus üppige Baumvegetation auf denselben. Ein Gestein, auf dem seit undenklichen Zeiten ungeheuere Quantitäten Holz, meist Buchenholz wachsen, in

dessen Asche wir Phosphate von Kalk, Magnesia, Eisenoxyd, Manganoxydul und Thonerde finden, muss Phosphorsäure enthalten, denn auf alle diese Berge ist nie Dünger gekommen, welcher phosphorsaure Salze hätte zuführen können. Nie konnten diese zum Theil sehr steilen Kuppen Ackerland gewesen sein. Dasselbe gilt von dem benachbarten Siebengebirge. Ohne die Analyse des Trachylos vom Drachenfels zu wiederholen, kann man mit Bestimmtheit sagen, dass er Phosphorsäure enthalten müsse."

Nur die Steinkohlen und Braunkohlen scheinen vorzugsweise arm an dieser Beimischung zu sein, vielleicht weil die humussauren Alkalien und die Kohlensäure, die aus solchen Lagern entstanden, geeignet waren, allen Phosphorsäuregehalt der ehemaligen pflanzlichen Organismen zu entführen. Wahrscheinlich ist dieses die Ursache davon, dass in einigen Steinkohlengebirgen in Westphalen, sich phosphorsaurer Kalk verbunden mit Eisenoxyd abgeschieden hat und eigene Flöze bildet, und dass auch in der Braunkohlenformation im Süden des Fichtelgebirges unter den Braunkohlenflözen ein schmales Flöz von phosphorsaurem Kalk stellenweise gefunden wird.

Aehnliche Erscheinungen in den anderen Gebirgsformationen, in denen die Phosphate theils als Concretionen im Gestein, theils als Kluftausfüllungen, theils als Gangausscheidungen auftreten, geben einen ferneren Beweis von dem Vorhandensein der Phosphorsäure in denselben. Speciellere Angaben können aber hier unterlassen bleiben, weil derselben doch vollständige Erwähnung geschehen muss, wo von den Mineralien die Rede ist, die zum Düngen Verwendung finden können.

Ist nun sowohl in der Ackererde, als dem Schutt der verschiedensten Gesteine und in den Gesteinen selber ein Vorrath von Phosphorsäure gefunden, welcher genügt, um die Vegetation zu erhalten und den Körperbau der Thiere darauf zu gründen, und ist die Bildung neuerer Gesteine für zukünftige Perioden der Erde rücksichtlich des Phosphorsäuregehaltes ebenfalls gesichert, so wendet sich die Frage nach dem ersten Ursprunge der Phosphorsäure vorzugsweise den Massen zu,

welche feuerflüssig aus der Erde dringen und also den Inhalt des Schoosses der Erde verrathen, den Laven und Basalten und denjenigen Gesteinen, welche als uranfängliche Gebilde erkannt worden sind, der Familie des Granites. Nur wenn es gelingt, eine Quelle von Phosphorsäure in diesen aufzufinden, können wir den Kreislauf derselben durch die sogenannten drei Reiche der Natur und durch alle Zeitalter des Erdballes als vollständig betrachten.

Es ist auffallend, in wie mannichfaltiger Weise sich gerade dieser Ursprung der Phosphorsäure der Aufmerksamkeit der Naturforscher entzogen, wie schwierig es gewesen ist, denselben zu entdecken und in seiner ganzen Bedeutung zu erkennen. Wir knüpfen in dieser Beziehung an den wunderbaren Gang der Entdeckungen des Phosphors, der Phosphorsäure, des phosphorsauren Kalks, ihres thierischen, pflanzlichen, mineralischen Vorkommeus, wie er früher geschildert worden unsere weiteren Betrachtungen an.

Um die Allverbreitung der Phosphorsäure im Boden und den Gesteinen desselben möglich zu machen, mussten die uranfänglichen Gesteine ein phosphorsaures Mineral enthalten, welches löslich genug war, um sich zu verbreiten, und unlöslich genug, um sich in denselben zu conserviren.

Nach unserer jetzigen Kenntniss der phosphorsauren Verbindungen eignete sich dazu keine andere als der phosphorsaure Kalk, aber gerade dieser entzog sich, als natürlich vorkommendes Mineral, ausserordentlich lange der Erkenntniss, und als man ihn endlich in der Natur gefunden, blieb seine allgemeine Verbreitung in den Gebirgsgesteinen, und besonders in den Urgesteinen aus denen alle anderen abstammen, noch lange verborgen.

Der phosphorsaure Kalk, als krystallisirtes, d. h. also individualisirtes Mineral, nur in Verbindung mit Fluorcalcium auftretend, ist bekannt unter dem Namen Apatit (mit Einschluss des Moroxites und des Spargelsteins) und krystallisirt in mannichfaltigen, oft vielflächigen und schönen Gestalten des sechsgliedrigen Krystallsystemes.

Als Hauptgemengtheil oder auch nur als wesentlicher Gemengtheil irgend einer der krystallinischen Gebirgsarten, aus denen unsere Erdrinde von innen her aufgebaut wird, ist er noch niemals gefunden, weder in den neuvulkanischen noch den basaltischen oder altvulkanischen, noch den plutonischen Gesteinen.

Aber so viel ist gegenwärtig doch festgestellt, dass er in allen diesen Gebirgsarten (einige Seltenheiten im Granite, Verbindungen der Yttererde des Lithions, des Cerer-, Lanthan- und Didym-Oxydes ausgenommen) die einzige ursprüngliche phosphorsaure Verbindung ist, der einzige ursprüngliche Träger dieses, für das gesammte nachmals auf Erden entwickelte Leben so bedeutsamen Stoffes.

Selbst wenn uns die praktischen Fragen des Ackerbaues nicht nöthigten, den Gesetzen der Verbreitung dieses kostbaren Stoffes auf Erden nachzuforschen, um neue Hülfsmittel der Befruchtung des Bodens aufzufinden, so würde doch ein allgemein menschliches Interesse unsere Aufmerksamkeit hinlenken auf diesen bedeutsamen Uranfang des Kreislaufes der Phosphorsäure, die durch alle lebendigen Wesen strömt, aus der unser eigenes Knochengerüste, das Zimmerwerk des herrlichen Menschenkörpers, aus der ein Schädel gebaut werden sollte, welcher die Organe unserer Denkthätigkeit umgiebt, und aus der unser Gehirn sich mit der, zu seiner Constitution gehörigen bedeutenden Menge Phosphor versorgen sollte.

Nicht im Gestein, wo er diese kosmische Bedeutung für uns hat, sondern auf Erzgängen, wo er blos als Begleiter der Metalle zum zweiten Mal krystallisirt, wenn ihn die Bergfeuchtigkeit in Lösungen langsam dahin geführt hat, wo er grösser und schöner frei sich auszubilden Gelegenheit hat, und wo der aufmerksame Bergmann jede Erscheinung gewissenhaft verfolgt, wurde der Apatit zuerst unterschieden und nach und nach in seinem Wesen erkannt. Es konnten namentlich die schönen Krystalle des Apatit aus den Zinnsteingängen von Ehrenfriedersdorf den Blicken der Mineralogen nicht entgehen.

Waren auch die Krystalle nicht immer so scharfkantig und so flächenreich, als man sie jetzt auf Hohlräumen des Granites nahe den Gipfeln der Alpen kennt, so waren sie immerhin schon durch ihre Farben im hohen Grade anziehend. Zeigt doch der Apatit daselbst alle Nuancen des Grün, vom lichtesten Grünlichweiss bis zum tiefen Smaragdgrün wie alle Grade der Höhe und Tiefe des Violblauen neben den selteneren Erscheinungen rosenrother und hyazinthrother, himmelblauer und lasurblauer Farben.

Als Werner, der grosse Reformator oder vielmehr Begründer der Mineralogie, im Jahre 1775 sein Lehramt bei der Bergakademie zu Freiberg antrat, fand er in dem dasigen Mineraliencabinet zwei dieser Stufen aus den Zinnsteingängen von Ehrenfriedersdorf, an denen auf Drusen von Säulenquarz ein licht berggrünes und ein licht lauchgrünes Mineral auskrystallisirt war, die sein Vorgänger als „Aquamarinfluss und als Chrysolithfluss“, mithin als Flussspath, bestimmt hatte, ungeachtet die Krystallformen denen des Flussspathes nicht entsprachen.

Ebenfalls von Ehrenfriedersdorf stammend, fand sich in dem berühmten Privatcabinet des Berghauptmanns Pabst von Ohain, gleichfalls auf Säulenquarz aufgewachsen, ein ganz ähnlicher Krystall, der als Aquamarin, das heisst als Edelstein bezeichnet war.

Werner erkannte leicht, dass weder Flussspath noch irgend ein Edelstein vorliege, und vermuthete sofort ein neues, bis dahin ungekanntes Mineral.

„Ich traf“, schreibt er, „hierauf in verschiedenen, zum Theil sehr berühmten, Mineraliencabineten mehrere dieser Krystalle, theils unter den Flussspathen, theils unter den Edelsteinen an, ja Einige hielten sie sogar für Schörle, sowie Andere sie gerne für Kalkspath genommen hätten, wenn sie nur hätten mit Säuren brausen wollen. — Ich ertheilte demselben, weil er bisher alle Mineralogen in seiner Bestimmung irre geführt hatte, den Namen Apatit, den ich von dem griechi-

schen Worte ἀπατάω (decipio) bildete, und welcher soviel als „Trügling" sagt."

Haüy, der grosse französische Mineralog der Revolutionszeit, welcher um 1801 die Worte schrieb, die das einleitende Motto dieses Büchleins bilden, und die, obgleich historisch sprechend, bis auf den heutigen Tag eben so prophetisch gewesen sind wie der Name Apatit selber, erzählt auch von dem Krystallographen Romé de l'Isle, dass sogar er die Apatitkrystalle theils für eine Varietät des Smaragdes gehalten, theils, namentlich die spanischen Vorkommnisse vom Berge Caprera, als orientalischen Chrysolith bezeichnet habe.

Die Ursache aller dieser obwaltenden Irrthümer wird von Haüy mit grosser Wahrscheinlichkeit festgestellt wie folgt:

> „Der äussere Glanz dieser Krystalle, deren einige zugleich von schöner Durchsichtigkeit sind, ihre sehr angenehme, wenn auch etwas schwache Farbe, ihre vielflächige Gestalt bei kleinem Volumen, Alles schien dem Auge einen wahren Edelstein anzukündigen, das heisst eines jener Naturproducte, welche geeignet sind, durch die Kunst in Schmucksteine verwandelt zu werden. Es scheint fast, dass man diesen vermeintlichen Edelstein nach Versuchen beurtheilte, die an geschnittenen Steinen gemacht wurden, deren Farbenähnlichkeit zu Verwechselungen Anlass gab, und dass man ihm deshalb ein specifisches Gewicht, welches von dem seinigen verschieden, eine viel grössere Härte und ein doppeltes Lichtrechungsvermögen beilegte."

In der That ist die Aehnlichkeit des Apatites mit manchen Edelsteinen sehr gross, denn gerade dieser Aehnlichkeit, seinen schönen Farben und seiner gefälligen Krystallisation auf Gängen und gangähnlichen Räumen haben wir seine Entdeckung zu verdanken, die sonst vielleicht noch auf sich warten liesse.

Aber während Werner die trügerische Natur des Minerales klar legte, wurde er selbst in gleicher Weise dadurch getäuscht, indem er ein Mineral ausdrücklich vom Apatit trennte, das wesentlich zu ihm gehört — den Spargelstein, den

erst später Vaucquelins Analyse als Apatit reclamirte — und ein anderes unter dem Namen Arragonischer Apatit mit ihm vereinigte, das ganz von ihm verschieden war, einen kohlensauren Kalk von ungewöhnlicher Krystallisation, den erst Klaproth später durch Analyse vom Apatit unterschied.

Dieser grosse analysische Chemiker nennt 1788 die Characteristik des Apatites durch Werner ein angenehmes Geschenk für das wissenschaftliche Publikum. Heute ist sie bereits ein unentbehrliches Glied in der zusammenhangenden Kenntniss der Bedingungen des Lebens geworden.

Werner war selbst nicht Chemiker, aber sein ungemein durchdringender Blick und sein Scharfsinn gegenüber den Räthseln der unorganischen Individuen liess ihn bereits die Anwesenheit von Phosphorsäure im Apatit ahnend aussprechen. Klaproth erkanntc sie mit Bestimmtheit durch Analyse und schreibt darüber in freudiger Erregung:

> „Diese durch Werner im Apatit geahnete Phosphorsäure kann ich jetzt als wirklichen Bestandtheil desselben durch chemische Erfahrung bestätigen. Der Apatit ist also das im Mineralreiche mir vorgekommene erste Beispiel einer phosphorsauren Kalkerde.“

Auch bei den Chemikern sollte der Apatit jedoch erst seine trügerische Rolle durchführen. Tromsdorf glaubte in dem mit Beryll verwechselten Apatit von Johann-Georgenstadt eine ganz neue Erde aufgefunden zu haben, welche er Agusterde nannte, und alle Chemiker übersahen einen sehr wesentlichen Bestandtheil seiner Zusammensetzung, bis der Mineraloge Gustav Rose darthat, dass Fluor, welches freilich theilweise durch Chlor vertreten werden kann, zur Constitution des Apatites nothwendig gehöre.

Der Apatit besteht nämlich nicht aus reinem phosphorsauren Kalk, sondern aus 3 Aequivalenten dieses Salzes, verbunden mit einem Aequivalent Fluorcalcium. Dieses Verhältniss ist unabänderlich für alle Krystalle und nur bei den unreinen Ausscheidungen des phosphorsauren Kalkes in derben oder dichten Massen treten Abweichungen davon ein.

Selbst nach der Seite der Praxis hin sollte der Apatit den Naturforschern noch Täuschungen bereiten. Dieser merkwürdige Stein, ursprünglich für einen Edelstein gehalten, und jetzt als Edelstein in demjenigen Sinne anerkannt, in welchem der Engländer zuweilen seine Kohlen als schwarze Diamanten bezeichnet, nämlich als eines der unschätzbarsten materiellen Güter der Erde, als eine der ursprünglichen Grundlagen aller anderen Güter, ja des Lebens selber, konnte noch zu einer Zeit verächtlich angesehen werden, als bereits Liebig das neue Evangelium von der Ernährung der Pflanzen zu predigen angefangen hatte.

Zwar sagte schon 1841 der würdige Breithaupt in Freiberg in seinem Lehrbuche, der Apatit könne im zerkleinerten Zustande jedenfalls für ein eben so vortreffliches Düngemittel angesehen werden, als gebranntes Knochenmehl, allein doch schrieb einer der umsichtigsten Gebirgsforscher Deutschlands, welcher zugleich Lehrer der forstlichen Bodenkunde war, Professor *Hausmann* in Göttingen, über den Apatit in seinem grossen Lehrbuche noch 1845:

> „Von grösserer Bedeutung als sein Nutzen ist sein Schaden, den er an einigen Orten bei der Eisengewinnung verursacht. Wo er, wie auf einigen Arendaler Gruben und am Gellivaraberge in Lulea Lappmark dem Magneteisenstein oder dem Eisenglanz so beigemengt ist, dass er durch mechanische Scheidung sich nicht davon trennen lässt, wirkt er ungünstig auf den Schmelzprocess und durch seinen Phosphorsäuregehalt nachtheilig auf die Darstellung des Stabeisens, welches durch die Aufnahme von Phosphor kaltbrüchig wird."

Gleich ihm haben bisher fast alle Lehrer der Bodenkunde Sprengel, Trommer u. s. w., selbst die neuesten, so viel citirten Arbeiten von Fallou, den Apatit nicht einmal genannt, und unseres Wissens legt nur der einzige, Senft, ihm einiges Gewicht bei, zwar nicht 1857 in seiner Bodenkunde und seiner Classification der Felsarten, wohl aber 1868 in dem Buch über

krystallinische Felsgemengtheile, wo er ein Nachtragcapitel für ihn geschaffen hat.

Wenn auch von den besonderen Lagerstätten der Erzgänge und ähnlicher Ausscheidungen, auf denen er zum zweiten Male krystallisirt, nun lange bekannt, entzog sich nämlich der Apatit als allgemein verbreiteter Gemengtheil der ungeschichteten Gebirgsgesteine noch immer der Wahrnehmung. Nur aus dem Vorkommen auf Gangräumen im Granit konnte man auf das Vorhandensein im Gesteine schliessen, und erst als man durch den Ackerbau die ungewöhnliche Bedeutung desselben für die Erhaltung und erste Entstehung des Lebendigen erkannt hatte, als in der Kette des Zusammenhanges vom menschlichen Knochen bis zu der ersten erhärtenden Kruste des Erdballes rückwärts das letzte Glied fehlte, und man nun beharrlich in den krystallinischen Gebirgsarten suchte, lernte man nach und nach auch den versteckten Gemengtheil finden.

Aber selbst solche Bodenkundige, denen das Vorkommen des Apatites im Gebirge nicht unbekannt war, und welche sich ausdrücklich die Frage vorlegten, ob er nicht das Anfangsglied aller phosphorsauren Bildungen auf Erden sei, beantworteten noch eine Zeit lang diese Frage mit „Nein.“

In Zippe's Bodenkunde ist der Apatit vortrefflich characterisirt und seine mikrokosmische Bedeutung zwar geahnt, aber auch entschieden verneint.

> „Das Mineral,“ sagt er, „ist seiner chemischen Zusammensetzung wegen merkwürdig, welche fast mit der des erdigen Theiles der Knochen übereinkommt. Es ist nämlich phosphorsaurer Kalk mit geringen Antheilen von Flusssäure oder von Salzsäure. Es ist gepulvert in Salpetersäure ohne Aufbrausen löslich, schmilzt in starkem Feuer nur an den Kanten und Ecken. Als Gemengtheil von Felsmassen kommt der Apatit nur an wenigen Orten vor. Er widersteht der Verwitterung. Dieser Umstand und die Seltenheit seines Vorkommens widerlegen die Meinung, dass er eine Quelle der Phosphorsäure sei, welche als irdischer

Bestandtheil mancher Gewächse nothwendig aus dem Boden abstammen muss.“

Aber auch die vermeintliche Seltenheit des Minerales im Gebirgsgestein, auf welche hier noch Gewicht gelegt wird, ist eine Täuschung gewesen.

Sein Vorkommen in den krystallinischen, aus feurigem Fluss entstandenen, Gebirgsarten wagen wir jetzt ein allgemeines zu nennen, denn es lässt sich bis zur Evidenz beweisen, dass er der Aufmerksamkeit der Gebirgsforscher nur deshalb entgangen ist, weil er in diesen Gesteinen fast immer in haarfeinen Säulchen auftritt, und weil diese unsichtbaren Fädchen nicht neben den anderen Krystallen liegen, sondern von denselben umhüllt werden.

Auch bei der Feststellung der Anhaltspunkte für diese Thatsache der allgemeinen Verbreitung versuchte der Apatit in unseren Tagen noch ein Mal nach alter Weise den Naturforscher, welcher ihm nachspürte, zu täuschen.

Der, durch seine mikroskopischen Zerlegungen der Gebirgsarten berühmt gewordene Felskundige, Professor Zirkel, wurde längere Zeit verleitet, die Apatitkrystalle in den basaltischen Gesteinen und Laven für Nephelinkrystalle anzusprechen.

In seinen 1870 erschienenen Untersuchungen über die Basaltgesteine schliesst er die Berichtigung seines früheren Beobachtungsfehlers ganz in unserem Sinne mit den Worten: „Auch in der Mikromineralogie scheint der Apatit die Richtigkeit seines Namens als „Trügling“ bewähren zu wollen.“

Hoffentlich ist damit die Reihe der Täuschungen abgeschlossen, durch welche der Apatit, als krystallisirtes Mineral, die Gelehrten bis heute geneckt hat. Dagegen bleibt es zu wünschen, dass an recht vielen Stellen dichte und derbe Massen desselben unter den Gesteinen entdeckt werden mögen, welche man heute noch als gemeine Bausteine oder als Wegematerial verwendet, wie das bei den Entdeckungen in Estremadura und in Nassau der Fall gewesen ist.

Die höchst sorgfältigen Untersuchungen der Laven und älteren Basalte durch Professor Zirkel stellen es zum ersten

Mal mit ganzer Sicherheit fest, dass wenigstens in dieser Gruppe der, feuerflüssig aus dem Erdinnern aufgestiegenen Gebirgsarten der Apatit einen beständigen Gemengtheil bildet.

Dürfte man nach der Analogie derselben auch in dem Granite, welcher einst aus ähnlichem Fluss entstanden sein muss, die allgemeine Verbreitung des Apatites annehmen, wie wir das zu beweisen suchen werden, dann wäre er entschieden der Vater aller auf Erden vorkommenden Phosphorsäure und dadurch eine der hauptsächlichsten Stützen alles auf der Erde entwickelten Lebens.

Obgleich man bei der chemischen Untersuchung der basaltischen Gesteine und Laven ohne Ausnahme nicht unbeträchtliche Mengen von Phosphorsäure fand, obgleich man, wie oben erwähnt, mit vollem Recht aus dem üppigen Waldwuchs der basaltischen Gebirge auf einen in ihnen enthaltenen Reichthum an Phosphorsäure zu schliessen wagte, wurde dennoch der Apatit als ein bedeutsamer Gemengtheil derselben nicht einmal vorausgesetzt.

Deutliche Apatitkrystalle fand man zwar hie und da in Trappgesteinen Amerikas und Scandinaviens, in den grobkörnigen Doleriten Schlesiens, Hessens und des Kaiserstuhlgebirges in Auswürflingen erloschener und thätiger Vulkane und selbst in Meteorsteinen, deren Analogie mit altvulkanischen Felsarten bereits erkannt war, aber diese Thatsachen wurden als seltene und auffallende Erscheinungen berichtet, und es fiel Niemandem ein, daraus einen Anlass zur Aufsuchung des Apatites bei der mikroskopischen Analyse herzunehmen.

Im Jahre 1868 veröffentlichte Professor Zirkel in dem Jahrbuche für Mineralogie eine Abhandlung über die Verbreitung mikroskopischer Nepheline, und rechnete alle Krystalle des sechsgliedrigen Habitus, kurze und lange durch einander, zum Nephelin. In seinen 1870 erschienenen Untersuchungen über die mikroskopische Structur und Zusammensetzung der Basaltgesteine berichtigt er dies als einen Irrthum. Da der Nephelinfels so deutliche Uebergänge im Basalt zeigt, und

geologisch so eng mit demselben verknüpft ist, da auch die Behandlung der Basalte mit Säuren ein gelatinirendes Silicat unter allen Umständen verrieth, wozu der vorhandene Olivin nicht genügte, und die Zeolithe willkürlich vorausgesetzt werden mussten, so lag es eben nahe, alle sechsgliedrigen Krystalle des Basaltes für Nephelin zu halten.

An den Verhältnissen der Gemengtheile des Nephelinfels vom Löbauer Berge wurde es zuerst klar, dass sechsgliedrige Krystalle von Nephelin und Apatit neben einander liegen. Hier ist nämlich Apatit, auch mit blossen Augen sichtbar, neben dem Nephelin ausgeschieden, hier bildet der Nephelin kurze, dicke Säulen, der Apatit aber sehr lange, dünne Säulen, welche wie Nadeln durch alle Gemengtheile hindurchstecken. Zwischenstufen und Vermitteluingsglieder zwischen den kurzen, dicken und den langen, dünnen Säulen finden sich nicht vor.

Eben so scharf getrennt sind die kurzen und langen Säulen in dem Nephelinbasalt von Kosakow in Böhmen.

Da nun ferner überall, wo man sonst den Apatit als sichtbaren Gemengtheil von Gebirgsarten beobachtet hat, derselbe nur in sehr langen, dünnen Nadeln vorkommt, so war Zirkel vollkommen berechtigt, in den mikroskopisch analysirten Basalten die dünnen, sechsseitigen Säulen neben den dickeren immer für Apatit anzusprechen, zumal auch in den mikroskopischen Erscheinungen die dünnen Nadeln alle anderen Gemengtheile durchbohrten, und die Quantität der chemisch nachweisbaren Phosphorsäure wohl der Summe der dünnen Nadeln, nicht aber der Summe der dickeren Säulen entspricht.

Die mikroskopisch feinen Apatitnadeln sind oft ganz unverhältnissmässig lang und von einer ausserordentlichen Zartheit. Oftmals besteht ein scheinbar zartes Säulchen noch aus sieben gesetzmässig gruppirten parallelen Säulen, von denen eine die Mitte einnimmt, während die anderen sechs jede nur durch eine Längenkante mit dem mittleren Individuum zusammenhangen.

Eine sehr grosse Zahl dieser Nadeln ist stets eingewachsen und durchgewachsen durch alle anderen grösseren Krystalle

der constituirenden Silicate, namentlich des Augites, des Feldspathes, des Leucites, Nephelins und Olivins. Mikroskopischer Apatit von dieser Erscheinung ist durch Zirkel nach seinen eigenen Worten „in einer Unzahl von Basalten deutlich nachgewiesen“ und zwar ganz unabhängig von der sonstigen mineralogischen Zusammensetzung und Mikrostructur derselben, frisch, klar und unzerstört, nicht blos in den jüngeren, sondern auch in den älteren, beträchtlich zersetzten Gesteinen. Kein einziges Stück wird namhaft gemacht, in welchen der Apatit gefehlt hätte.

Da es Zirkel gelungen ist, die basaltischen Laven von heute und die älteren Basalte, welche früher nur wegen des gleichartigen Habitus und der gleichartigen Entstehung unter gemeinschaftlichem Namen zusammengefasst sind, ihrer Zusammensetzung nach in drei verschiedene Gesteine zu zerfällen, in denen der Augit mit respective Feldspath, Leucit oder Nephelin innig verwachsen ist, und da er den Apatit in allen dreien durchaus dieselbige Rolle spielen sah, als stetigen Begleiter dieser Gemengtheile, welcher früher auskrystallisirte als alle anderen, so giebt die Thatsache, dass er drei verschiedene Felsarten gleichmässig erfüllt, schon einen Anhalt für die Beurtheilung auch der älteren, aus feurigem Fluss entstandenen Gesteine.

Es fehlt in dieser Beziehung noch an einer mikroskopischen Revision der älteren Gesteine, doch wird dieselbe wohl nicht lange auf sich warten lassen. Indessen schon, was mikroskopisch beobachtet ist, beweist zur Genüge, dass hierin eine vollständige Analogie Statt findet.

In Laven hat man den Apatit von Hauynkrystallen umschlossen gefunden; in den erratischen Blöcken des vulkanischen Vulturgebirges stecken die Apatitnadeln quer durch die Augite oder liegen zwischen den Tafeln des Glimmers; in den Bomben der erloschenen Vulkane des Laacher Sees stecken seine seidenglänzenden Nadeln im Sanidin; im Hornblendegestein der Umgebungen des Laacher Sees durchschwärmen nadelförmige Krystalle des Apatites die grösseren Hornblendkrystalle nach

allen Richtungen, ohne dieselben irgendwie in ihrer Ausbildung zu hindern; in canadischen Trappgesteinen stecken die Nadeln durch Sanidin und Hornblende hindurch; im Hypersthenfels des Radauthales beobachtete Gustav Rose, dass die grünlichweissen Nadeln durch alle anderen Gemengtheile dieser Felsart hindurch gewachsen sind, und sich als das zuerst krystallisirte Mineral kundgeben.

Als Nadel steckt der Apatit ebenso im Nephelin wie in dem Orthoclasfeldspath des grosskörnigen Miascites, und zwischen Glimmertafeln eingeklemmt kann man ihn in allen Gebirgsarten finden, welche dieses Mineral führen, seien sie vulkanisch, plutonisch oder metamorphisch.

Als eine unzweifelhafte Thatsache können wir daher, bis entgegenstehende Beobachtungen kund werden, hier feststellen, dass der Apatit in allen aus dem feurigen Fluss krystallisirten Gebirgsarten, in denen man ihn antrifft, zwar nur ein geringes Gewicht bildet, aber überall der zuerst krystallisirende Gemengtheil gewesen ist.

Bei einem so gearteten Vorkommen kann es natürlich nicht Wunder nehmen, dass sich der Apatit in den Graniten oftmals vollständig versteckt. Führen dieselben überhaupt, wie die chemische Analyse lehrt, nur verschwindende Mengen, ist das Mineral fast immer mikroskopisch, mehr als haarfein auskrystallisirt, liegt es dann zwischen die Glimmerblättchen geklemmt oder steckt es in den, fast immer trüben und undurchsichtigen Feldspathen in beliebigen Richtungen gegen deren Blätterdurchgänge, wie soll es denn da ohne besondere Aufmerksamkeit und ohne besondere Hülfsmittel entdeckt werden?

Auf relativ unsichtbare mikroskopische Apatite sind auch die Granite bisher nicht untersucht worden, und bieten bei dem gröberen Korn, bei der Zähigkeit des Glimmers, der grossen Spaltbarkeit des Feldspathes, und der blossen Verflechtung nicht Verschmelzung der Gemengtheile, für die Herstellung wirklicher Dünnschliffe auch besondere Schwierigkeiten.

Grössere Apatitmassen, im eigentlichen Granite ausgeschieden, hat man bisher nur in Nordamerika getroffen. Sichtbare deutliche Krystalle im Gewebe der Gemengtheile werden jedoch schon von vielen Gegenden erwähnt, obgleich sie bisher nicht gesucht und nur gelegentlich gefunden wurden.

In den Graniten der Alpen, des mährischen und Erzgebirges, des Odenwaldes, der Bretagne und des Cornwall, Grönlands und Nordamerikas, sowie des Ural, hat man sie vielfältig bemerkt. Vom Harz und Thüringerwalde ist es in Abrede gestellt worden, doch hat ihn der Verfasser selbst im Brockengranit gefunden.

In grob- und feinkörnigen granitischen Findlingen der Norddeutschen Ebene, welche aus Scandinavien stammen, aber wohl oftmals nur im Kleinen als Granit erscheinen, im Grossen dem Gneus angehören mögen, hat ihn der Verfasser vielfältig beobachtet.

Von den Glimmerblättchen des Granites eingeklemmt, ist er in Grönland, in Nordamerika, besonders vielfältig in Massachusetts, in Frankreich (bei Limoges) und sonst vielen Orten bemerkt worden, und der Lepidolith von Rozena in Mähren verhält sich darin ganz wie sein Zwillingsbruder, der Kaliglimmer.

Schon oben ist darauf hingewiesen, dass Forchhammer durch seine sinnreiche Synthese im schmelzenden Kochsalz, durch welche er die Ackererden untersuchte, auch in Graniten und Syeniten die Phosphorsäure nachwies.

Andere Chemiker haben durch andere Methoden dasselbe dargethan, und namentlich hat *Stöckhardt* in seinem Laboratorium eine Reihe sächsischer granitähnlicher und syenitischer Gesteine mit Erfolg auf Phosphorsäuregehalt geprüft.

Dass es die versteckten Apatitkrystalle zwischen dem Glimmerblättchen in den Feldspathen und in der Hornblende sind, welche die gefundene Phosphorsäure liefern, ist jetzt unzweifelhaft, wenn man erwägt, dass die speciellen Analysen des Glimmers, der Feldspathe, der Hornblende und des Augites bei gehöriger Sorgfalt immer Phosphorsäure geliefert haben

In einem Augite von Kaiserstuhl im Breisgau hat man sogar mehr als 6 Procent Phosphorsäure gefunden.

Keins dieser Mineralien bedarf der Phosphorsäure zu seiner Constitution, und von keinem könnte man sagen, dass dieselbe darin irgend eine vicarirende Function hätte. Harkort und Breithaupt haben sogar in den Feldspäthen des Granites neben der Phosphorsäure auch das Fluor des Apatites nachgewiesen. Bei den Analysen des Kaliglimmers und der Hornblende ist fast immer Fluor gefunden worden, und Sullivan, welcher im Granit und Gneus, im Chloritschiefer und Glimmerschiefer, im Augitporphyr und Hypersthenfels, im Diorit und Hornblendegestein, im Klingstein, Bimsstein und Obsidian die Phosphorsäure nachwies, behauptet, auf seine Analysen gestützt, dass in dem eruptiven Gebirgsgesteine das Fluor fast eben so allgemein vorhanden sei als die Phosphorsäure.

Wenn es noch eines weiteren Beweises für die allgemeine Verbreitung des Apatites durch alle eruptiven Gesteine, und namentlich durch den uranfänglichen Granit bedürfte, so wäre er auf indirecte Weise theils aus der Vegetation der Granitgebirge, theils daraus zu entnehmen, dass auf den Gängen und Lagern des Zinnsteines, welche fast ausschliesslich dem Granit angehören, der Apatit so schön krystallisirt auftritt, und als eine späte, auf den Säulenquarzen haftende, Krystallisation kundgiebt, dass er daselbst das Educt des Nebengesteins, eine Ansammlung des, in diesem feinvertheilten, und durch die Bergfeuchtigkeit aufgelöseten Materials sei.

So erscheint denn der Apatit als ein, zwar in geringen Mengen vorhandener, aber doch allgemein verbreiteter Bestandtheil der vulkanischen und plutonischen, der aus feurigem Fluss entstandenen Gesteine, welche die originale Erstarrungskruste des flüssigen Erdkernes bilden, und dadurch wird er erkannt als der alleinige Urquell der jetzt auf der Erdoberfläche zwischen Erdreich, Pflanzenreich und Thierreich circulirenden Phosphorsäure.

In der Lava, welche heute den Vulkankegel spaltet, in der flüssigen Bombe, welche er emporwirft, wie in den gleichen Producten längst vergangener Erdperioden der Tertiärzeit, und in der ersten erkaltenden Rinde des feuerflüssigen Erdsphäroides war ganz gleichmässig das erste krystallisirende Mineral der Apatit.

Die ersten Individuen, welche auf oder in der bis dahin unterschiedslosen Erdmasse sich geltend machten, waren Apatitkrystalle.

Ihre Krystallisationskraft war eine aussergewönlich kräftige, denn in dem zähen Magma bildeten sie sich trotz des verschwindend kleinen Durchmessers zu sehr langen, geradlinigen Säulen. Waren in diesem Magma Eisenoxyde und Thonerde, zu denen auf nassem Wege die Phosphorsäure, wie wir gesehen haben, eine unüberwindliche Verwandtschaft zeigt, in reichlichem Maasse, und mehr als Kalkerde, vorhanden, so lehrt die Apatitbildung, dass auf dem trockenen Wege des feurigen Flusses das Verwandtschaftsverhältniss ein anderes ist, und dass sich in solchem Falle die Kalkerde mit der Phosphorsäure und Flusssäure in demselbigen Verhältnisse zusammenfindet, in welchem sie jetzt das Knochengerüste des Menschen bauen.

Die gewaltige Krystallisationskraft verstärkt die chemische Verwandtschaft der drei Bestandtheile so sehr, dass sie, trotz Eisenoxyd und Thonerde, sich zusammenfinden können. Das haben unwiderleglich auch die Versuche Forchhammers mit Raseneisenstein im schmelzenden Kochsalze dargethan.

Der Krystallisationskraft also, welche die erste gerade Linie zog, dieser, bis jetzt nur dem eigentlichen Naturforscher vertrauten, in grösseren Kreisen der Gebildeten kaum gekannten oder kaum beachteten geheimnissvollen Kraft, welche zu allererst gestaltend und individualisirend auf Erden wirkte, ist es zu danken, dass dem Urgebirge die Phosphorsäure in der Form des Apatites einverleibt wurde, der dann anfangs durch kohlensaures Wasser, später durch huminsaures Ammoniak

ausgelaugt werden, und der fruchtbaren Bodenschicht die nöthige Phosphorsäure liefern konnte.

Das erste krystallisirende Mineral auf Erden, das erste fertige Product der gestaltenden und individualisirenden Kräfte, der Apatit, sammelte mit Naturnothwendigkeit in sich die sparsam vorhandenen Elemente zum festen Bau des bisher letzten und vollkommensten Geschöpfes, des Menschen, und schützte sie vor der zwiefachen Gefahr, durch Eisen und Thonerde ewig gefesselt liegen zu bleiben, oder durch ungehemmte Löslichkeit unwiederbringlich blos den späteren Meeren zu verfallen.

Aus diesem Urquell ist dann jede später gebildete Schicht der Erdrinde, welche aus zerstörten Gesteinen, aus Ueberbleibseln von Pflanzen und Thieren entstand, in völlig gleicher Weise sparsam mit der für die Pflanzendecke nothwendigen Menge Phosphorsäure versorgt worden, von welcher oben das Thatsächliche angegeben wurde, und so konnte das ganze Erdenrund, wo nicht physikalische Bedingungen es verwehren, sich mit dem Schmuck der Pflanzen in unerschöpflicher Fülle und Mannichfaltigkeit bekleiden.

Die tiefreichenden Wurzeln des Nadelholzes oder des Halmes schöpfen Phosphorsäure selbst im beweglichen Dünen- und Wüstensande unter brennender Sonne aus dem Untergrund und streuen ihren Abfall auf den Boden, um, die oberflächliche Schicht bereichernd, sie für bessere Pflanzen zu düngen, und nur die Wüsten des Eises und des Salzes bleiben leer, während jede andere Landschaft eine Thierwelt ernährt, die dem Reichthum und der Art ihrer Pflanzen angemessen ist.

Dieses allgemeine Gleichgewicht wurde erst durch den Menschen gestört, welcher sich in immer dichter gedrängten Schaaren ansiedelt, und daher stetig gesteigerte Ansprüche an die Erträge des Bodens stellen muss.

Von jedem einzelnen Landstücke fordert er, dass es weit mehr Speise für ihn und die, zu seiner Wohlfahrt unentbehrlichen, Hausthiere liefere, als es seiner Natur nach thun kann.

Er besäet daher das Land mit solchen Pflanzen, welche in dem kurzen Zeitraum eines Jahres das grösste Gewicht concentrirter, menschlicher und thierischer Nahrungsstoffe bringen, mithin auch die grösste Menge Phosphorsäure bedürfen, vor allen Dingen bestellt er das Land dichtgedrängt mit denjenigen Graspflanzen, welche das schwerste Samenkorn haben, nicht achtend, dass die Gräser nur im Gemenge gesellig wachsen wollen, und dass, bei geselligem Wachsthum eines derselben, sich die Nachbarn gegenseitig durch ihre Wurzelzasern die Phosphorsäure im Boden streitig machen.

Ueberdies ist der Mensch noch nicht zufrieden, wenn schon das Feld von Halmen dicht gedrängt steht, es soll auch jeder Halm seine Aehre von einer Länge und Schwere tragen, wie sie im Naturzustande dasselbe Gewächs nur als seltene Ausnahme bringt. Auch die Gewächse, welche der Mensch sonst noch baut, schonen seinen Acker nicht.

Von der Hectare Landes entnimmt der Mensch durch Ackerbau bei gewöhnlichen guten Ernten mit:

Rappssaat	45	Kilogramm	Phosphorsäure,
Erbsen	29	„	„
Kartoffeln	28	„	„
Weizen	27	„	„

und selbst den Wiesen entnimmt er durch das Heu per Hectare 23 Kilogramm Phosphorsäure.

Wohl hat ihn die Erfahrung gelehrt, dass er zum Ersatz den Dünger seiner Hausthiere auf das Feld bringen müsse, allein da der Stallmist nur 1/4 Procent Phosphorsäure enthält, so sind 10,000 Kilogramm desselben erforderlich, um den Ersatz für die Ernte zu bringen.

Aber da der phosphorsäurereiche Theil der Ernte ausgeführt wird, um dem Herrn des Bodens die Mittel für alle seine sonstigen Bedürfnisse zu schaffen, so stellt sich bald genug das Bedürfniss nach weiteren Zufuhren ein, und wenn auch nicht gleich eine Verarmung des Bodens erfolgt, so weigert dieser sich doch, den gesteigerten Forderungen zu genügen.

Seitdem aber die Wissenschaft festgestellt und die Praxis bestätigt hat, dass das Gewicht des Kornes durch die Zufuhr an Phosphorsäure gesteigert werden können, erzwingt der Landmann seine Forderungen vom Boden theils durch sparsames Zusammenhalten der phosphorsäurehaltigen Dünger, über welche er selbst gebietet, theils durch die Zufuhr reicherer Materialien, unter diesen zunächst und zuerst, wie sich von selbst versteht, der Knochen.

Bei einiger Aufmerksamkeit gewahrt man in allen menschlichen Dingen, dass eine Wahrheit, die uns nach ihrem Siege rasch als etwas Selbstverständliches erscheint, grosse Schwierigkeiten zu überwinden hat, ehe sie erkannt, und fast eben so grosse, ehe sie Gemeingut wird. Das gilt von den Wahrheiten des praktischen Lebens so gut, wie von denen der Wissenschaft. In unserem Falle kann es die Landwirthschaft mit grossem Nachdruck bezeugen. Bis in die Jugendtage Derer, die jetzt Männer sind, hat es gedauert, ehe eines der ältesten und das am meisten verbreitete Gewerbe, die Landwirthschaft, durch langsames Tasten die Bedeutung ihres besten und nächstliegenden Hülfsmittels, der Knochen, kennen und würdigen lernte.

Grosse Culturreiche haben in jedem Theile der Erde geblüht, haben in der Landwirthschaft ihre nachhaltigste Stütze kennen gelernt, die Pfleger der Landwirthschaft in denselben haben nach steigenden Ernten getrachtet, aber den, im Wege liegenden, kernigen Abfall des Knochengerüstes der Thiere, des concentrirtesten Productes der Landwirthschaft, lernte man durch alle Jahrhunderte nicht schätzen, ja man ahnte seine Bedeutung für den Boden, den man pflügte und grub, selbst dann noch nicht, als längst das Vorhandensein der Phosphorsäure in Pflanzen und Thieren wissenschaftlich festgestellt war.

Der Altvater der rationellen Landwirthschaft in Norddeutschland, Albrecht Thaer, schrieb in den letzten Jahren des vorigen Jahrhunderts seine Einleitung zur Kenntniss der englischen Landwirthschaft. In diesem ausgezeichneten Werke, welches lange Jahre der Codex des Fortschrittes in Deutschland

war, ist von dem damals bereits wohl ausgebildeten Düngerwesen Englands ausführlich die Rede.

Bei dieser Gelegenheit geschieht denn auch der Knochen, aber fast nur im Vorbeigehen, Erwähnung:

„Zerstossene Knochen, sagt er, sind sehr wirksam als Dünger gebraucht worden. Auf kalkigem Boden hat man gefunden, dass sie sich von selbst auflösen. Auf Lehm und Klay aber muss man sie, nachdem sie gepulvert sind, erst mit Alkali und lebendigem Kalk vermengen, ehe man sie ausstreuet. Sie werden mehrentheiles nicht zum Unterpflügen, sondern zum Bestreuen der Saaten gebraucht. Gebrannte Knochen haben die Wirkung des Kalkes.“

Eine so wenig gerechte Würdigung der Knochen durch den Führer der praktischen Landleute konnte sich in demselbigen Kopfe ein volles Menschenalter bis über das erste Drittel unseres Jahrhunderts hinaus erhalten.

In der 1833 erschienenen Auflage von Thaers Grundsätzen der rationellen Landwirthschaft in vier Bänden ist dieses jetzt so wichtige Capitel der Düngerwirthschaft mit nachstehenden, kaum minder kurzen und wegwerfenden Worten abgehandelt:

„Selbst die Knochen werden mürbe, wenn sie mit ätzendem Kalk vermischt werden, lassen sich dann leicht zerreiben, und thun, so vorbereitet, eine auffallende Wirkung. Man brennt sie sonst auch zuweilen, wo sie sich auf Schindangern angehäuft haben, zu Asche, die freilich als Düngemittel nicht ganz unwirksam ist, aber doch nur aus phosphorsaurem Kalk besteht, aus welchem der wirksame thierische Leim ganz ausgetrieben ist.“

Um dieselbige Zeit schrieb ebenso der süddeutsche Vorkämpfer der rationellen Landwirthschaft, Johann Nepomuk von Schwerz in seiner Anleitung zum praktischen Ackerbau:

„Selbst nach geschehener Extraction der fetten Theile soll, nach den Erfahrungen der Engländer, die Wirkung des Knochenmehles nicht unbedeutend sein.

In London giebt es eine Menge armer Leute, die von dem Sammeln der Knochen auf Strassen und Schindangern

leben. Sie zerschlagen sie zuerst auf einem Ambos und verkaufen sie dann an die Radschmierfabrikanten, die sie ihrerseits nach ausgezogenem Fette wieder an die Landwirthe absetzen. Da indessen solche, ihrer Fetttheile beraubte, Knochen kaum etwas mehr als Kalktheile enthalten, so lässt sich von ihrem Gebrauche in diesem Zustande nicht viel mehr als vom Kalk erwarten, der auf erschöpftem Boden nur wenig, auf kraftvollem aber, oder zugleich mit Dünger angebracht, sehr stark wirkt."

Es dürfte lehrreich sein, sich solcher Worte unserer Koryphäen des praktischen Ackerbaues aus den dreissiger Jahren dieses Jahrhunderts zu erinnern, und sie mit dem jetzt verbreiteten Verständniss der Knochendüngung zu vergleichen, nicht um sich zu überheben, „dass wir's doch zuletzt so herrlich weit gebracht", sondern um sich zu vergegenwärtigen, dass auch Die, denen man alle Weisheit zutraut, von den zukünftigen Tagen überholt werden.

Im Jahre 1774 wurde von Hunter die Knochendüngung zuerst öffentlich empfohlen, und schon aus dem Jahre 1775 stammen die ersten Versuche, das Knochenmehl als Dünger für Rüben in Lincolnshire anzuwenden.

Der Abfall aus den vielen Knopf- und Messerfabriken in Sheffield, wo Elfenbein und Knochen in ungeheuren Mengen verarbeitet werden, mag dazu den ersten Anlass gegeben haben. Etwa 16,000 Centner Knochenspäne müssen alljährlich aus dieser Stadt entfernt werden, und da man sie früher als werthlos betrachtete und unentgeltlich weggab, so konnte es nicht fehlen, dass hier in der Umgegend ihre düngende Wirkung sichtbar wurde und allgemeinere Verwendung von Knochen bewirkte. Die Gebiete des Kreidemergels, des älteren und jüngeren Grünsandes in Lincolnshire und Cambridgeshire, des bunten Sandsteins und Keupers in Nottinghamshire, Cheshire und Derbyshire hoben sich dadurch aus armen Districten zu sehr ertragreichen und brachten einen ausserordentlichen Wetteifer zur Beschaffung dieser neuen Panacee für den dürftigen Boden zuwege.

In Deutschland wurde indessen dieselbe Entdeckung im Stillen gemacht durch den Steiger Friedrich Kropp zu Sollingen im Herzogthum Berg auf einem Erzpochwerke. Sie breitete sich auf einem kleinen Bezirke Westphalens aus. Der bairische Staatsrath Hazzi, welcher, weiter blickend als die grossen Agronomen, eine in den zwanziger Jahren bedeutsame Schrift über den Dünger herausgab, macht den Deutschen, darauf gestützt, die gerechtesten Vorwürfe:

„Im Jahre 1822 wurden über 33,000 Tonnen Knochen besonders aus den Schlachtfeldern des letzten Krieges, in London blos aus Deutschland eingeführt. Und noch immer gehen Schiffsladungen aus Deutschland dahin, und zwar ganz natürlich, weil wir Deutsche uns gar nicht die Mühe geben, ausser obigem kleinen Bezirke, die Knochen zu benutzen, sondern, wie hier in München, sie als eine Unreinigkeit mit allen Abfällen der Fleischbank in den Bach werfen."

Es kann wohl gut sein, sich dieser traurigen Zeit zu erinnern, denn sie war ja auch nach Hazzi's Strafpredigt noch lange nicht beendet und gebar nach ihm noch manch' anderen Prediger in der Wüste.

Nicht blos die Landleute widerstrebten, es widerstrebten sogar die Gelehrten, welche, gegen den offenbaren Augenschein der Erfolge, von der Geldvergeudung öffentlich abmahnten, unter ihnen der an der ersten landwirthschaftlichen Akademie Mögelin angestellte Agriculturchemiker Körte.

Man sah, dass in England die Farmer um so reicher wurden, je mehr Knochenmehl sie kauften, man sah, dass die elendesten Bodenarten emporkamen und Früchte trugen, die man vormals nie hatte bauen dürfen, man sah, dass die gedüngten Felder nach und nach einen höhern Pachtschilling brachten, aber erst an der Hand des Guano sollte die Mehrzahl der Deutschen düngen, erst durch dieses überseeische Product die einheimischen Knochen würdigen lernen.

Jahrhunderte lang hatte man im südlichen Frankreich den Wein und die Oliven mit Knochen gedüngt. Es war als eine Singularität unbeachtet geblieben. Jahrzehnte lang verdoppelte

man schon in England die Weizen- und Rübenernteu durch Knochen, allein die Exporteure der Knochen blieben blind, glaubten nichts und lernten nichts. Man wusste, dass England von Natur fruchtbarer ist als Deutschland, man wusste, dass es den Guano billiger kaufte als Deutschland, dass ihm dagegen die Knochen um Fracht, Spesen und Handelsgewinn theurer wurden, und doch kaufte man, als man endlich anfing für Geld zu düngen, lieber Guano. In Scandinavien, Russland und Niederland ging es ebenso. Das widersinnige Verhältniss blieb im Steigen bis zu den Bewegungen von 1848.

Um 1815 hatte Hull 8000 tons importirt, sein Import wuchs alle zehn Jahr um mehr als 8000 tons. Bei einer eigenen Knochenproduction im Werthe von einer halben Million Pfd. Sterl. importirte Grossbritannien noch für eine Viertelmillion. Selbst entlegene Theile Deutschlands, wie Sachsen und Schlesien, wo in den dreissiger Jahren die Knochenmühlen steigend producirten, wurden den Engländern tributbar. In Sachsen mussten sogar die Knochenmühlen vor dem andringenden Guano ihren Betrieb einschränken, um erst später wieder zu Ehren zu kommen, und nur in der, durch rationelle Wirthschaft ausgezeichneten, Oberlausitz dehnten sie ihren Betrieb frühe und stetig aus. Erst die Zuckerfabriken, welche um diese Zeit in Aufnahme kamen, machten durch Forderung grösserer Quantitäten von Knochenkohle dem Handel nach England ein Ende, und das Streben nach Verwerthung ihrer ausgebrauchten Kohle lehrte endlich auch das Knochenmehl genügend werthschätzen. Die Ausfuhrlisten des Zollvereins bringen diese Thatsache klar zur Erscheinung, denn schon Mitte der funfziger Jahre war der ganze Knochenexport auf achthundert tons gefallen. Als Hartstein bald nach 1848 England bereiste und sich von den wunderbaren Erfolgen der Knochendüngung überzeugte, konnte er schon auf einen glücklichen Beginn der gleichen Arbeit in Sachsen und Baden zuruckblicken, und heute haben wir keinen Grund zur Klage.

Mit der fortschreitenden Anwendung des Knochmenmehles lernte man bald die bessere Wirkung kennen, welche aus der

grösseren Feinheit des Kornes erfolgte. Brauchte man Anfangs 40—50 Centner auf die Hectare, so nachmals 20—30, und als man gelernt hatte, ein staubfeines Mehl zu bereiten, genügten schon 10—12 Centner.

Selbstverständlich, könnte man fast sagen, wurde zuerst die Wirkung des Knochenmehles in demjenigen Theile seines Bestandes gesucht, welcher am wenigsten dazu beitrug, ja sogar hinderlich der düngenden Wirkung entgegentrat, in dem Fette. Die frischen Knochen des Handels bestehen aus

10% Fett, 30% Knorpel, 60% Erdsalzen.

Diese Erdsalze sind, wie schon erwähnt, vorzugsweise phosphorsaurer Kalk mit etwas kohlensaurem Kalk und Kochsalz.

Es dauerte lange, bis sich die Ueberzeugung Bahn brach, dass das Fett nicht blos nicht nütze, sondern schädlich wirke. Nur die directen Versuche, durch welche klärlich dargethan wurde, dass entfettete Knochen eine grössere Wirkung haben als Fettknochen, konnten das bestehende Vorurtheil entwurzeln.

Das Knochengewebe ist so von Fett durchzogen, dass jeder einzelne Theil des Phosphates dadurch gegen die directe Berührung des Wassers, das ihn lösen soll, geschützt wird, und nur die faulige Zersetzung der leimgebenden Knorpelmasse, welche jedes Körnchen des Phosphates wie mit einem Flechtwerk umhüllt, ist im Stande, dasselbe gleichzeitig zu befreien und seine Lösung durch die Jauche anzubahnen.

Es ist daher jetzt seit langer Zeit üblich, aus den zum Düngen bestimmten Knochen das Fett zu entfernen, eine Operation, welche bei einigermaassen frischem Material überdies so rentabel ist, dass sie eine kleine Ermässigung des Knochenmehlpreises gestattet.

Als man nun vom Fette Abschied nehmen musste, suchte man, wie das wohl nicht anders sein konnte, den Hauptwerth der Knochen in dem stickstoffreichen Leim des Knorpels, durch welchen auf das ganze Knochengewicht 4—5 Procent Stickstoff kommen. Nun ist zwar sicherlich der Werth des Stick-

stoffes für die Vegetation ausserordentlich, und der Geldwerth desselben, in einem Düngemittel darnach bemessen, ein sehr bedeutender, allein dennoch musste man lernen, dass man mit demselben bei den Knochen nicht das punctum saliens getroffen habe. Völlig befestigte sich diese Ueberzeugung erst in einer späteren Periode, nachdem die mineralischen Phosphate den Schauplatz betreten hatten, allein die unerwartet grossen Resultate, welche Knochenmehl vor anderen, selbst stickstoffreicheren Düngemitteln bei den Turnips jedesmal im Gefolge hatte, lehrten denn doch, dass den mineralischen Grundstoffen des Knochens das Gewicht zukomme. Da diese Beobachtungen mit grosser Zuverlässigkeit gerade in derjenigen Zeit gemacht wurden, als zuerst Liebig seine Lehren von dem Werthe der mineralischen Nahrungsmittel der Pflanzen verkündete, so brach sich die Ueberzeugung denn auch rasch genug Bahn, dass in dem phosphorsauren Kalk des Knochens sein eigentlicher Werth enthalten sei, und wirkte sogar auf die Werthschätzung des allmählich mehr und mehr den Markt beherrschenden Peru-Guano ein, in einigen Fällen zu seinen Gunsten, in anderen, wo man mehr Phosphorsäure haben wollte, zu seinem Schaden.

Da man, wie schon oben erwähnt, sich mit zunehmender Anwendung des Knochenmehles überzeugte, dass eine möglichst vollständige Vertheilung desselben im Boden, also die Herstellung eines möglichst feinen Mehles die sofortige Wirkung wesentlich erhöhe, und da die zähe Beschaffenheit der Knochen eine mehlfeine Pulverung ausserordentlich erschwert, so griff man, in der Ueberzeugung, dass man doch nur die Wirkung des phosphorsauren Kalks erzielen wolle, theilweise zu dem radicalen Mittel, die Knochen zu Asche zu brennen. Verbrennt man das Fett nnd den thierischen Knorpel gänzlich, so bleibt ein weisses poröses Gerüste von der Form des ehemaligen Knochens, aber leicht in Stücke brechend, zurück, welches man Knochenasche nennt, und in welchem man bei der Nichtflüchtigkeit der Phosphorsäure deren ganzes Quantum besitzt, während zugleich das Gesammtgewicht fast auf die Hälfte reducirt ist.

Dieses poröse, aus lose an einander gereihten Theilen bestehende Skelett des Knochens ist leicht in staubfeines Mehl zu verwandeln. Allein seine Verfertiger hatten sich getäuscht, die gehoffte Wirkung blieb zum grossen Theile aus.

Diese Methode also musste wieder aufgegeben werden, und erst ganz zuletzt seit 1850 ist, und wie es scheint eher und vollständiger in Deutschland als in England, der Gebrauch aufgekommen, nach dem Vorgange von James Blackhall die Knochen, nachdem sie vom Fett befreit sind, unter höherem Druck zu dämpfen. Zwar geht auch hier ein Theil des Knorpelleimes als Jauche fort, aber diese Jauche ist anderweitig als Dünger zu verwerthen. Es bleibt bei dem Knochen so viel Knorpel zurück, dass derselbe im trockenen Zustande noch nahezu 4 Procent Stickstoff behält, er hat aber seine Eigenschaften so verwandelt, dass man im feuchten wie im trockenen Zustande den stärksten Beinknochen mit dem Spazierstock zerschlagen, also das Ganze leicht in Mehl verwandeln kann.

Die Einrichtung und der Gang der Knochenmühlen nach diesem Princip ist demnach gegenwärtig folgende:

Zuerst wird das käufliche Material gesäubert und gesondert, d. h. es werden Steine und Glas, Nägel, Hufeisen, alte Messer, und was sonst sich bei Gelegenheit des Knochenhandels zwischen die Masse geschlichen hat, beseitigt, wobei zugleich die, allen Knochen anhaftende, Sandmenge sich wesentlich verringert. Dann werden Hufe, Klauen und Hörner ausgesondert, um sie den Fabriken von Berlinerblau zu verkaufen, welche dieselben als ein sehr werthvolles stickstoffhaltiges Material betrachten.

In einigen Fabriken wird alsdann noch eine Anzahl der für Drechsler, Knopf- und Messerfabrikanten brauchbaren Knochen ausgeschieden und für ihre Reinigung nnd Bleichung Sorge getragen. In anderen wird auch, besonders wo viele frische Knochen zur Ablieferung kommen, das eigentliche Mark der grossen Knochen, das Fett der Pferdefüsse und der Rindsklauen sorgsam ausgeschieden, um feinere Thierfette zu

liefern, und erst dann werden die übrigen Fettknochen mit Beilen oder Hämmern gespalten oder zersplittert, um den Inhalt der Zellen bloszulegen.

Diejenigen Knochen, welche als fettleer verworfen sind, werden nicht weiter gespalten, sondern wandern sofort in den Dämpfkessel, in welchem sie, je nach der Grösse des Druckes der da zulässig ist, kürzere oder längere Zeit, in der Regel 3—4 Stunden verweilen, wonach sie gahr gedämpft sind.

Die Fettknochen werden inzwischen mit Wasser in einem Kessel über Feuer, oder in einer Kufe durch Dampf gekocht und das in ihnen enthaltene Fett, welches, frei und flüssig werdend, an die Oberfläche steigt, wird abgerahmt. Die Suppe von diesem Kochen, welche, bei geeigneten Vorrichtungen, mehrmals dienen kann, und die Jauche, welche aus dem untern Ablasshahn des Dämpfkessels fliesst, werden zusammen, am besten in der Nähe der Fabrik auf dem Felde oder den Wiesen verwendet, oder bei anderen Düngerbereitungen, welche Wasserzusatz fordern, statt des Wassers verwerthet. Nach dem Auskochen werden die Fettknochen ebenfalls gedämpft. Die aus dem Dämpfkessel gezogenen mürben Knochen werden in einigen Fabriken nur auf Haufen geschüttet, erhitzen sich daselbst durch anfangende Fäulniss, und trocknen dadurch soweit ab, dass sie gemahlen werden können; sie geben aber auf diese Weise nie ein recht trockenes Mehl nnd verlieren Stickstoff. In anderen Fabriken werden sie auf Blechbühnen durch die Wärme des abziehenden Dampfes, oder noch besser auf eigens geheizten Darren, auf denen man sie ausbreitet, getrocknet. Nachher werden sie gemahlen, entweder blos unter Kollersteinen oder unter Kollersteinen mit französischem Mahlgang, oder in Pochwerken mit Mahlgang, und werden fein gesiebt, während die härteren Stücken, welche das Sieb verlassen, dem Mahlgang überliefert werden.

In neuerer Zeit ist es an vielen Stellen Gebrauch geworden, nach relativ geringem Dämpfen die Knochen zu stampfen, den dann durch das Sieb ausgeschiedenen groben Schrot für die Knochenkohlenfabrikation zu verwenden, und nur den feinen

staub als Knochenmehl in den Handel zu bringen. Dieses Mehl ist weniger werthvoll, weil es wohl reichlich Stickstoff hat, allein in dem Gehalt an phosphorsaurem Kalk wesentlich zurückbleibt.

Das gesiebte staubfeine Knochenmehl vertheilt sich ausserordentlich, und wird der Pflanze leicht zugänglich, es bedarf also kaum der früher üblichen Fermentation. Dennoch wird diese von Vielen vorgenommen und wohl mit Unrecht als wünschenswerth für die richtige Wirkung bezeichnet. Wichtig ist dieselbe nur bei ungedämpftem Knochenmehl, welches weit weniger fein vertheilt ist.

Das Verfahren ist einfach. Man mengt das Knochenmehl mit Gartenerde, Torfmull, Sägespähnen, Kehricht oder ähnlichen Dingen, von denen man das zweifache Quantum nimmt, befeuchtet beides zusammen mit circa 20% Wasser oder Jauche, schlägt es in grosse, aber lose, am liebsten durch einige eingelegte Büsche noch loser gemachte Haufen, und überlässt diese der eigenen Erhitzung, indem man durch eine Decke von feuchtem Gyps dafür sorgt, dass die sich entwickelnden Ammoniakdämpfe nicht entweichen können sondern gebunden werden. Die Zerstörung des Leimgewebes durch Fäulniss legt die einzelnen Theile des phosphorsauren Kalkes blos, die Kohlensäure der Verwesung, das Ammoniak der Fäulniss und der Alkaligehalt der Jauche, Alles wirkt auf gesteigerte Lösung der phosphorsauren Erde hin.

Einem ähnlichen Fermentationsprocess verdankt auch das im Handel vorkommende, sogenannte fermentirte Knochenmehl seinen Ursprung. Bei der Bereitung des Leimes aus Knochen wird bekanntlich vermittelst Salzsäure den Knochen aller phosphorsaure Kalk, überhaupt alles Mineralische entzogen, bis der Knorpel allein zurückbleibt, der sich nach der Operation so weich zeigt wie eine frisch abgezogene Haut. Wird nun dieser weiche Knorpel zu Leim gekocht, also im Wasser aufgelöst, so bleiben ungelöst alle die Knochenreste zurück, auf welche durch irgend einen Zufall die Säure nicht genügend einwirkte. Diese Stücke, meistens klein, und ein schmieriges

Haufwerk bildend, zu welchem sich auch alle, den Knoche vorher anhaftende Unreinlichkeit gesellt, werden in gross Haufen gestapelt, denen man durch eingelegte, und nachh ausgezogene Knittel Luftlöcher giebt. Hier sich selbst er hitzend, unter starker Ammoniakentwickelung, trocknen di Knochenreste und werden gleichzeitig mürbe, so dass sie nac dem Trocknen gemahlen werden können.

Meistens mahlt man mit Ihnen zusammen den Niederschla des phosphorsauren Kalkes aus der salzsauren Knochenlösun von dem später noch ausdrücklich die Rede sein soll, und e setzt dadurch dem „fermentirten Knochenmehl" den fehlende Gehalt an phosphorsaurem Kalk. Da aber Knorpel und Knochen- erde dann nicht mit einander verwachsen sind, wie in dem ächten Knochenmehl, so ist auch die Analyse dieses fermen- tirten Knochenmehles bei gleichen Zahlen doch anders zu be- urtheilen.

Im Ganzen wird derjenige Landmann, welcher auf den Inhalt des guten Knochenmehles an phosphorsaurem Kalk spe- culirt, die Fabrikate der für Zuckerfabriken auf Knochenschrot arbeitenden Mühlen etwas geringer zu schätzen haben. Der- jenige, welcher auf die angemessene Lösung des phosphorsauren Kalkes durch den mit ihm verbundenen Knorpel Rechnung macht, wird die Producte der Leimfabriken, in denen beide getrennt von einander sind, für etwas geringer halten müs- sen, als das reelle Knochenmehl, dennoch wird sich diese Werth- schätzung stets nur in dem etwas ermässigten Preise ausdrücken dürfen, da das Knochenmehl der Beinschwarz- und Leimfabriken sonst wesentlich die gleiche Wirkung haben muss wie das voll- ständige Knochenmehl.

Eine Vollkommenheit in mechanischer Zerkleinerung, wie eben geschildert, hatte aber die Fabrikation des Knochenmehles um 1840 noch nicht erreicht und nur das Bedürfniss darnach war entschieden hervorgetreten.

Diesem gerecht zu werden, machte damals Liebig den Vorschlag, man solle versuchen, durch Behandlung der Knochen

mit Schwefelsäure den mineralischen Bestandtheil desselben löslicher und für die Pflanzen zugänglicher zu machen.

Die betreffenden Kreise vernahmen den Vorschlag als den Einfall eines Theoretikers, der von den Kosten sich keine Vorstellung mache. Der geniale Rathgeber selber mochte die mögliche gelegentliche Ausführung desselben als ein interessantes Experiment im Grossen zur Bestätigung seiner Ideen betrachten. Aber sicherlich hatte auch er keine Ahnung davon, dass die Befolgung des Rathes, über die Knochen hinausgehend, in den mineralischen Phosphaten eine so colossale Hilfsquelle des Ackerbaues erschliessen würde, als dieselbe heutzutage geworden ist, hatte vor allen Dingen keine Ahnung davon, dass sebst die Fabrication der Schwefelsäure, welche schon damals als der Hauptträger aller chemischen Industrie eine grosse Ausdehnung gewonnen, durch dieses Schöpferwort in rasch steigendem Verhältniss wachsen, und auch die todten Kiesmassen der Gebirge dem nützlichen Verbrauch erschliessen würde.

Es wird einiger Worte bedürfen, um den Sinn des Liebigschen Rathschlages allen Lesern klar zu machen.

Die gewöhnliche Phosphorsäure, welche sich in den Knochen findet, ist eine sogenannte dreibasige Säure. Jedes Aequivalent derselben verbindet sich mit drei Aequivalenten Kalkerde. Es kann aber, um diesem Streben der Säure zu genügen, auch das Wasser als Basis fungiren, und kann in dem Kalksalze sowohl ein als auch zwei Aequivalente des Kalkes ersetzen. Dadurch entstehen drei Kalksalze mit respectixe 3, 2 oder 1 Aequivalent Kalkerde. Da man, nach der Zusammensetzung des phosphorsauren Natrons urtheilend, die Säure Anfangs für zweibasig gehalten hatte, so nannte man das zweibasige Salz neutral. Dem entsprechend ist dann das einbasige ein saures und das dreibasige ein basisches Salz.

Diese Vorstellung, obgleich mit der jetzigen Kenntniss der Säure nicht ganz mehr übereinstimmend, wird, weil sie für das Verständniss grösserer Kreise geeignet ist, bei der Discussion der düngenden Eigenschaften allgemein beibehalten.

Der erdige Bestandtheil der Knochen ist darnach basisch phosphorsaure Kalkerde. Begiesst man ihn im gepulverten Zustande mit verdünnter Schwefelsäure, so werden zwei Aequivalente seiner Kalkerde von der Schwefelsäure angezogen, um Gyps zu bilden, während das dritte Aequivalent mit der Phosphorsäure vereinigt bleibt und unter Aufnahme der erforderlicheu 2 Aequivalente Wasser die saure phosporsaure Kalkerde bildet, die man mit einem kurzen Worte auch Kalksuperphosphat, oder weil von anderen Basen keine Rede ist, kurzweg Superphosphat nennt. Während das basische Kalksalz unlöslich in reinem Wasser, ist das saure Kalksalz löslich in demselben; aber, da der gebildete schwefelsaure Kalk mit Wasser als Gyps krystallisirt, nimmt das Haufwerk der kleinen Krystalle das lösliche Kalksalz in seine Poren auf.

Da man bei der Bereitung des Phosphors nach neueren Methoden schon lange diese Art der Zersetzung auf Knochenasche anwandte, und dann das lösliche Salz mit Wasser auszog, so war derselbe hinlänglich im Grossen bekannt, um zu wissen, dass trotz des vorhandenen Wassers und der Löslichkeit des neuen Salzes ein pulveriges, zum Düngerstreuen brauchbares, Product entstehe, und mit voller Sicherheit liess sich voraussagen, dass durch die lösliche Form des phosphorsauren Salzes eine viel vollkommenere Vertheilung im Boden erzielt werden könne und müsse, als auf irgend eine andere Weise.

Der Erfolg bestätigte im höchsten Grade Liebigs Voraussagungen. Nicht in Fabriken, sondern auf den Tennen der praktische Landwirthe, wurde die vorgeschlagene Mischung gemacht. Der Landwirth der sich schon 1841 dazu entschloss, Mr. Fleming zu Barrochan, verdient hier rühmlich genannt zu werden.

Die Ernte, welche er erzielte, schaffte ihm bald Nachfolger und nur sehr kurz dauerte es, so wurde auch in der Knochenmehlfabrik von Lawes diese Mischung als Handelswaare producirt und der erste Anstoss zu der, seitdem so schwunghaft betriebenen, Düngerfabrikation gegeben.

Als das gedämpfte Knochenmehl mit seiner feinen Vertheilung zuerst in den Handel kam, war die Fabrication des

Superphosphates aus Knochen und mineralischen Phosphaten bereits soweit vorgeschritten, dass es die Concurrenz ertragen konnte, namentlich weil die Gewinnung aus mineralischen Phosphaten weniger kostspielig wurde und die erforderlichen Quantitäten zu liefern im Stande war. Sonst wäre das Verfahren gegenüber dem gedämpften Knochenmehl wohl kaum jemals praktisch eingeführt worden, denn wenn man von der Quantität der Knochen ausgeht, ist das Dämpfen billiger als das Aufschliessen; wenn man von dem Gewichte des fertigen Düngers ausgeht, enthält in gleichen Mengen das gedämpfte Knochenmehl mehr Phosphorsäure und Stickstoff als das aufgeschlossene, und wenn man die Feldversuche zu Rathe zieht, so hat in den meisten Fällen das gedämpfte Knochenmehl bessere Erfolge und eine stärkere Nachwirkung gehabt, als das gleiche Gewicht des aufgeschlossenen.

Da indessen die Bahn einmal gebrochen, und durch Peru-Guano das Düngerbedürfniss allgemein wachgerufen war, so ging die neue Fabrikation mit Riesenschritten vorwärts.

Die Leimbestandtheile der Knochen, durch die Schwefelsäure angegriffen und in einen etwas veränderten schmierigen Leimstoff verwandelt, machten das neue Product klumpig und für die Aussaat, wenn hinlänglich Schwefelsäure angewandt worden war, ungeeignet. Der Landmann wusste sich bei seinen Zubereitungen in dieser Beziehung leicht zu helfen, da er Sand, Erden (wenn sie nicht kalkig waren) und Aschen jeder Art zu der Trocknung und Körnung des Productes benutzen konnte. Allein dem Fabrikanten musste dies — wenn gleich es in der ersten Zeit fast allgemein geübt wurde — als eine Verunreinigung ausgelegt werden, und da die Gelegenheit auch Diebe macht, so wurde die Zugabe bald im Uebermaass gebraucht, und verwandelte sich in eine wirkliche Fälschung. Auch diese unterlag bald, theils der eigenen Uebertreibung, theils der Concurrenz der redlichen Fabrikanten, theils der mit der Zunahme dieses Düngerhandels rasch wachsenden Zahl der Handelschemiker, der privaten und der, unter öffentlicher Auto-

rität arbeitenden, Agriculturchemiker, der Versuchsstationen, und endlich der daraus hervorgehenden Düngercontrole.

Die redlichen Fabricanten suchten sofort nach anderen, der Natur des Fabricates mehr entsprechenden Trocknungsmitteln, mit deren Hülfe sie den Gehalt des Fabrikates an löslichem phosphorsauren Kalk nicht herabdrücken, sondern steigern könnten. Als nächstliegendes Hülfsmittel boten sich ihnen dazu die verschiedenen, in der Technik vorkommenden Knochenabfälle, und demnächst die natürlich vorkommenden Phosphate, die zwar damals nirgends käuflich waren, oder ausgebeutet wurden, deren Ausbeutung sich aber anbahnen liess und rasch angebahnt wurde. Die einzelnen Momente der Einführung dieses oder jenes Hülfsmittels lassen sich jetzt kaum mehr übersichtlich vorführen, es wird daher passend sein, ehe überhaupt von den mineralischen Phosphaten gehandelt wird, das Kapitel von den Knochen durch Besprechung der erwähnten Knochenabfälle zu erschöpfen.

Unter diesen Knochenabfällen nimmt den hauptsächlichsten Rang ein die Knochenasche.

Dieselbe ist nicht eigentlich Fabrikabfall, sondern das Abfallproduct der Hauswirthschaft grosser und weiter Landesstrecken. — In den Ebenen der Laplatastaaten und der brasilianischen Provinz Rio Grande bedeckt ein langes und feinblättriges Gras die ungeheuren Flächen. Hier wird, gestützt auf die, von Europa eingeführte und unermesslich sich vermehrende Rinder und Schaafe eine Viehzucht in so grossem Maasse getrieben, dass stellenweise 1000 Stück Grossvieh auf jeden Kopf der ländlichen Bevölkerung gerechnet werden können. Baumwuchs ist daselbst nicht zu Hause, und als Brennmaterial in den Hauswirthschaften dienen, ausser dem Dünger des Rindviehs und den oft baumhohen Disteln, ausschliesslich die Knochen der geschlachteten Thiere. Von diesen werden meistens nur Hörner, Häute und Fett zur Ausfuhr gebracht und die Zungen gegessen, das Fleisch, nur in verhältnissmässig geringen Quantitäten verbraucht, wird der Verwesung, den Raubthieren und den Schweineherden überlassen. Aber zum Ausschmelzen des

Fettes ist Brennmaterial erforderlich und dazu dienen die Knochen. Das Bedürfniss nach Brennmaterial ist so gross, dass man früher die Ziegelöfen und Kalköfen mit Schaafen heizte, die man, um das Schlachten zu sparen, lebendig in die Gluth warf, bis ein Gesetz die Barbarei verbot und der gesteigerte Verkehr die armen Wollträger werthvoller machte. So wird das ganze Jahr hindurch bei jeder Wirthschaft eine grosse Masse Knochenasche producirt, und Haufen von alter Knochenasche liegen bei den meisten Wohnungen umher.

Von hier aus waren zahlreiche Schiffsladungen mit Knochenasche zu beziehen, und dieser Handelsartikel ist seitdem als ein bedeutsamer zu den andern thierischen Producten des Landes hinzugetreten. Man wurde gleichzeitig dadurch in den Stand gesetzt, mit der, als Ballast wirkenden, Ladung auch die sperrigen Knochen selber zu versenden, welche nicht blos von den Schlachtereien abfallen, sondern an den Stellen, wo in dürren Zeiten der Durst die Heerden tödtet, ganze Flächen der Pampas bedecken. In dem zähem Thon stecken auch die Riesenknochen untergegangener vorweltlicher Thiere, — die ganze ungeheure Ebene ein unversiegbarer Quell der Phosphorsäure für alle Zeiten, welche durch die Grasfresser zusammengetragen wird, wie der Honig durch die Bienen.

Durch Lieferung der Landleute zum Termin der Verladung eines Seeschiffes wird die Asche als Handelswaare zusammengebracht und nach Europa verschifft, wo sie als eines der besten Materialien für die Fabrikation der phosphorsäurereichen Dünger betrachtet wird.

Ihrer Entstehung nach ist die Knochenasche selbstverständlich durch Sand verunreinigt, welcher bis 16 Procent steigt, sonst aber fast reine phosphorsaure Kalkerde mit einem verhältnissmässig kleinen Fluorgehalt, der den Knochen entsprechenden Menge kohlensauren Kalkes (5—6 Procent) und einigen Procenten kaustischer Kalkerde, welche durch höhere Gluth aus kohlensaurem Kalk entstanden ist. In den grauen und schwarzen Stücken, welche nicht vollständig verascht sind, findet sich ausserdem noch etwas organische Substanz erhalten, welche

auf das ganze Gemenge 2—5 Procent betragen kann und einen Stickstoffgehalt desselben bis über 1/2 Procent bewirkt. Der phosphorsaure Kalk beträgt 70—80 Procent, die phosphorsaure Magnesia 2 Procent, das Fluorcalcium 3 Procent.

Wer sich aus diesem Material ein noch werthvolleres bereiten will, welches bis 85 Procent phosphorsauren Kalk enthält, der kann die Masse über ein grobes Sieb werfen, und die Stücke, die nun von dem grössten Theil des Sandes befreit sind, gesondert von dem feinen Grus verarbeiten.

Die poröse Beschaffenheit jedes Körnchens der Knochenasche, aus deren Poren ja eben die organische Substanz ausgetrieben ist, bewirkt eine leichte und höchst günstige Einwirkung der Schwefelsäure, und wenn deren Menge genau nach den Mengen der kaustischen und kohlensauren Kalkerde und des phosphorsauren Salzes berechnet ist, bleibt ohne die geringste Uebersäuerung, nicht 1/4 Procent der Säure unaufgeschlossen, auch kann sie nicht, wie später bei den mineralischen Phosphaten erwähnt werden soll, einen Rückgang zur Unlöslichkeit erfahren.

Leider ist die Zufuhr dieses ausgezeichneten Rohstoffes im Abnehmen. Auch eine zweite Quelle von Knochenasche, die durch die Polarfahrer eröffnet scheint, welche die Knochen der Wallfische und Robben als Brennmaterial benutzen, um ihr Gewicht zu vermindern und der Fäulniss im Schiffe vorzubeugen, liefert nur ein untergeordnetes Quantum. Der Zusatz desselben zu dem aufgeschlossenen Knochenmehl, der günstigste von allen denkbaren Zusätzen, ist daher, selbst in den besten Fabriken, immer mehr beschränkt worden, und hat mineralischen Phosphaten, welche reichlicher zu haben sind, weichen müssen.

Der Verfasser hat eine Zeit lang lediglich aus Knochenasche einen Dünger von ausgezeichneter Wirkung angefertigt, und einige grössere Fabriken sind ihm darin gefolgt, allein aus Mangel an Material haben grosse wie kleine Fabriken diese sonst ebenfalls vorzügliche Arbeit wieder unterlassen müssen.

Es ist eben nur natürlich, dass die Quantitäten alter, seit ein oder zwei Jahrhunderten aufgehäufter Asche in den ame-

rikanischen Südstaaten allmählig erschöpft werden, und die laufende Production der steigenden Anforderung bei den, in allen Himmelsgegenden schon entstandenen, Düngerfabriken nicht genügen kann.

Um eine Andeutung der verminderten Zufuhren zu geben, wird es genügen, hervorzuheben, dass in Hamburg 1871 bis Mitte October noch 13 Schiffsladungen mit zusammen 4195 tons eintrafen, während 1872 in demselben Zeitraume nur 7 Ladungen mit 2530 tons kamen. Die grösste Ladung war 650 die kleinste 85 tons. Von diesen zusammen 20 Ladungen, kamen 6 aus Buenos Ayres, 4 aus Rio Grande, 4 aus Fray Bentos, 2 aus Montevideo, 1 aus Concepcion de Uruguay, 1 aus Gualguay. Ob an anderen europäischen Plätzen ein Gleichgewicht gegen die Unterbilanz von 1872 hergestellt worden, ist nicht zu ermitteln, da die Ausfuhrquanta nicht feststehen, doch ist es nicht wahrscheinlich, weil die Klage über Mangel an Knochenasche eine allgemeine geworden.

Die durch Glühen der Knochen unter Abschluss der Luft entstehende Knochenkohle, welche als entfärbendes Mittel für manche organische Flüssigkeiten dient, ist seit ihrer Anwendung auf die Zuckerfabrication, zum Zwecke der Absorption von Kalk- und anderen Salzen, welche etwa um 1830 allgemeiner wurde, ein wichtiger Handelsartikel geworden, und hat das Nachsuchen der frischen Knochen fast noch stärker gefördert, als die Düngerfabrikation, weil man für sie noch kein einziges genügendes Surrogat gefunden hat.

Der ungeheuere Aufschwung des Rübenzuckers hat den Consum der Knochenkohle ausserordentlich gesteigert, und obgleich man nach und nach durch eine bessere Vorbereitung der Kohle, wie durch deren vielmalige Wiederbelebung, immer weniger und weniger zu demselben Quantum Zucker gebrauchen lernte, ist doch die Menge der, von den Fabriken ausgebrauchten, Knochenkohle eine immer noch steigende Grösse geworden.

Die ursprüngliche Fabrication, bei welcher die ganzen Knochen gebrannt und nachher feingemahlen wurden, wich

allmählig der Verbesserung, dass man die gebrannten Knochen nur gröblich körnte, und den Staubabfall gar nicht für die Entfärbung der Zuckersäfte benutzte, sondern zu anderen Zwecken, namentlich zur Fabrication von Farben und Stiefelwichse verbrauchte, indem das unverkäufliche Restquantum den Düngerfabriken zufiel. Gegenwärtig hat sich, wie schon oben bei dem Knochenmehl erwähnt, die rationelle Fabrication dahin umgestaltet, dass der Knochen bereits vor dem Brennen in schwach gedämpftem Zustande gekörnt, dann der Staub als Knochenmehl verkauft und nur der reine Knochenschrot schwarz gebrannt wird. Die sogenannte Körnerkohle, von der sich, bei der wiederholten Neubelebung in den Zuckerraffinerien, allmählig staubige Theile als „Waschkohle" abspülen, kommt schliesslich nach ihrer gänzlichen Erschöpfung für die Zwecke der Zuckerfabrikation als ausgebrauchtes Spodium in die Hände der Düngerfabrikanten. In manchen Gegenden, wie zum Beispiel in den gebirgigen Haidedistricten des nordwestlichen Frankreich, wird zwar dieser Abfall ohne Weiteres als Dünger auf die Felder, namentlich auf die Neurbruchfelder gestreut, allein im Allgemeinen fällt doch die Verwerthung der grossen Mengen den Düngerfabricanten zu.

Die Knochenkohle als Rohmaterial der Düngerfabrication, nur selten noch Mehl aus den Spodiumfabriken, meistens Waschkohle, in welcher sich durch die lösenden Säuren die Quantität des phosphorsauren Kalkes vermindert und die des Kohlenstoffes vermehrt, oder verbrauchte Körnerkohle, in welcher sich auflösliche Salze, Thon und Sand und einige stickstoffhaltige Substanzen sammelten, ist ihrem Gehalte nach gar nicht generell zu characterisiren, weil ihr Werth von den Methoden des Zuckerfabricanten abhängig ist, und daher zwischen 25 und 75 Procent phosphorsaurer Kalkerde schwanken kann.

Gemeinschaftlich mit der Knochenasche hat sie den Vorzug der Porosität, welche zwar durch die aufgenommenen Salze etwas gemindert ist, allein einer eindringenden Schwefelsäure gegenüber noch für genügend gelten kann, daher sie denn auch in jedem, zur Verwendung kommenden, Korn durch die

Säure leicht bis in's Innerste aufgeschlossen wird. Einen Vorzug gegen Knochenasche hat sie in dem, meist wesentlich höheren, in der Regel 2 Procent betragenden Stickstoffgehalt. Ihre schwarze Farbe entstellt in gewissem Grade die mit ihrer Hülfe fabricirten Dünger, daher man sie selten zum Gehülfen des Knochenmehles, lieber der mineralischen Phosphate macht, allein seitdem sie längere Zeit in allgemeiner Anwendung gewesen, hat sich das Publicum auch an die schwarze Farbe gewöhnt, ja sogar derselben eine gewisse Vorzüglichkeit eingeräumt.

Dieser Umstand ist jedoch bereits ein Mittel des Betruges geworden. Es werden nämlich grosse Mengen von Schwefelsäure in den Mineralölfabriken und bei andern ähnlichen Unternehmungen zur Zerstörung der eingemischten nicht öligen Theile gebraucht, welche, durch die Säure schwarz werdend, dieselbe mitfärben und eine dunkel gefärbte Schwefelsäure von etwa 40° Beaumé ergeben. Diese Säure, welche zum Aufschliessen geringerer Phosphate ganz brauchbar ist, ertheilt dann auch den Superphosphaten eine schwarze Farbe und verschafft auch sehr untergeordneten, rein mineralischen Superphosphaten oftmals den besserklingenden Titel eines Knochenkohlendüngers, weshalb in diesem Punkte, wie in jedem auf den Düngerhandel bezüglichen Geschäfte, dem Landmann die äusserste Vorsicht und die Hülfe der Chemiker empfohlen werden muss.

Von technischen Abfällen der Knochensubstanz kommt nun nur noch der gefällte phosphorsaure Kalk der Leimfabriken in Betracht, welcher schon einmal oberflächlich erwähnt wurde. Die klare Auflösung des phosphorsauren Kalkes durch Salzsäure, welche man in den Knochenleimfabriken erhält, wird durch gebrannten Kalk niedergeschlagen und liefert dann einen gefällten basisch phosphorsauren Kalk, vermengt mit kaustischer und kohlensaurer Kalkerde. Es pflegen in der scheinbar trockenen Waare 20 Procent Wasser und 65 Procent phosphorsaurer Kalkerde enthalten zu sein, der Rest wird, abgesehen von zufälligen Unreinigkeiten, durch die oben genannten Kalkerden gebildet Aus diesem Grunde eignet sich der gefällte phosphorsaure

Kalk nicht gut zur Fabrication von Superphosphaten, weil ein so grosses Quantum Schwefelsäure an die unverbundene Kalkerde vergeudet werden muss. Die rationellste Anwendung ist die bereits oben erwähnte, in der Verbindung mit dem fermentirten Knochenmehl, zumal da die Löslichkeit des gefällten phosphorsauren Kalkes in den natürlichen Agentien eine wesentlich grössere ist, als die aller anderen bekannten Vorkommnisse des basischen Salzes.

Aus dieser Uebersicht ist leicht zu erkennen, dass aller gesteigerten Sorgfalt ungeachtet, welche auf Sammlung der Abfallknochen durch eine immer grössere Zahl von Menschen gewendet wurde, für die Zwecke einer zunehmenden Düngerproduction immer zu wenig bleiben musste. Niemals war überhaupt von diesem Material ein Zuschuss für die Zwecke der Düngung zu erwarten. Das Höchste, was erzielt werden konnte, war die Rückgabe alles Dessen, was dem Boden durch die Cultur selber genommen war, und da zwischen der Production der Knochen und ihrer endlichen Verwendung als Dünger hundert Ursachen des Verlustes eingeschaltet sind, kann selbst dieser Ersatz niemals erreicht werden, sondern muss voraussichtlich immer 25—30 Procent im Rückstande bleiben. Es war daher natürlich, dass sich der Blick der Landleute, der Agriculturchemiker, und besonders der Düngerfabricanten den ähnlich zusammengesetzten Producten, den natürlichen mineralischen Kalk- und Magnesia phosphaten zuwandte. Es ist bereits erwähnt worden, dass kurze Zeit schon nach der Begründung der Industrie der Superphosphate in England Koprolithenpulver mit zur Anwendung kam. Dasselbe hat, obgleich keinesweges eines der besten natürlichen Kalkphosphate, den anderen Mineralien dieser Gattung die Bahn brechen müssen, und hat den Handel, welcher schliesslich doch allein die bewegende Kraft für die Gestaltung neuer Zufuhren und neuer Fabricationen ist, zumeist den Muth gegeben, Zeit, Mühe und Geld an die Aufsuchung und Gewinnung der mineralischen Phosphate zu wenden.

Es würde indessen die Uebersicht verwirren, auch eine nutzlose Mühe in der Eruirung der Daten für den Verfasser verursachen,

sollte hier in historischer Folge die Prüfung und Einführung jedes einzelnen mineralischen Phosphates gegeben werden. Da fast jeder neue Fund in neuen Formen auftritt und seine Eigenthümlichkeiten hat, wird es gerathener sein, diese zweite Gruppe von phosphorsauren Rohproducten der Düngerfabrication systematisch nach dem Grade der Gleichartigkeit abzuhandeln.

Drei generelle Entstehungsweisen sind in dieser Beziehung das Maassgebende. Theils hat eine directe Ansammlung von Knochen in der Vorzeit stattgefunden, welche jetzt mehr oder weniger mineralisirte Haufwerke bilden; theils ist der von kleineren Thieren in der ganzen Masse der geschichteten Gebirge niedergelegte Gehalt an phosphorsaurem Kalk durch chemische Thätigkeit nach bestimmten Stellen hin concentrirt worden; theils endlich findet in der Gegenwart und der ihr zunächst vorhergehenden Periode, durch das gesellige Leben der Seevögel eine Anhäufung ihres Kothes in Gestalt von Guano statt, dessen phosphorsaurer Kalk durch Auslaugung der leichter löslichen Salze sich allmählig concentrirt. Nach diesem genetischen Princip sollen die einzelnen massenhaften Vorkommnisse des phosphorsauren Kalkes in der Natur an einander gereiht werden.

Das Suchen nach Knochenresten vorweltlicher Thiere, welche an irgend einer Stelle gehäuft und mehr oder weniger mineralisirt sind, hat im Ganzen wenig günstige Erfolge gehabt. Die Ursachen des Unterganges der Wirbelthiere sind selten von einer solchen Art, dass dadurch gewaltige Anhäufungen entstehen könnten. Es war schon oben von dem Verdursten der Rinder und Pferde Südamerika's die Rede, welches die Umgegend von versiegenden Steppenflüssen wie mit Knochen pflastert. Ebenso findet in Brasilien durch die Ueberschwemmung der grossen Flüsse ein gleichzeitiges Vertilgen zahlreicher Grasfresser Statt, welche von den strömenden Fluthen nach irgend einer Enge geführt, daselbst ein mächtiges Knochenhaufwerk bilden können. Nicht selten jagt der Steppenbrand Thiere jeder Gattung und Art in eine einzige Heerde zusammen und vor sich her, und wenn nicht ein rettender Fluss dazwi-

schentritt, verkommt das ganze Thiergemenge schliesslich auf einer Stelle und giebt einen Leichenwall, der einen Knochenwall hinterlässt. So auch kann die Schlammeruption eines Vulkanes, wie man Beispiele aus Java kennt, die Thiergeschlechter einer ganzen Landschaft vor sich zusammentreiben und schliesslich auf einmal umhüllen und tödten, oder der Sandsturm der Wüste, welcher die Caravanen umbringt, auch die zusammengeschüchterten wilden Thiere ersticken. Im Allgemeinen aber werden, wenn auch alle diese Naturgewalten seit Jahrtausenden auf Erden wirkten, dadurch nur wenige Localitäten ausgezeichnet sein, und wirklich bauwürdige Knochenanhäufungen in der Ebene dürften auch deshalb nur wenig gefunden werden, weil auf dem flachen Lande der zerstörenden Kräfte zu viele sind, die das Gesammelte wieder auseinanderführen oder seine Zersetzung und die Verstreuung der kleinsten Theile bewirken.

Dass wir ohne solche zerstörende Kräfte die Ebenen der Erde in oberflächlichen Tiefen mit den Thierknochen einer ganzen Weltperiode bedeckt finden würden, bedarf keines Beweises. Indessen lässt es sich auch handgreiflich genug darthun. Die ungeheure Masse des fossilen Elfenbeins, welches über die, den Nordpol umzingelnden, Ebenen, besonders Asiens verbreitet ist, und seit Jahrhunderten gesammelt und verarbeitet wird, ohne bis jetzt eine Abnahme gewahren zu lassen, und ohne dass man der nördlichsten ergiebigsten Fundstätten bereits Herr geworden wäre, ist ein hinreichender Beweis für die Summe von Mammuth-Elephanten, welche in einer, relativ nahe liegenden, Vorzeit in Sibirien und seinen Nachbarländern umkam. Der grösseren Widerstandskraft dieses schmelzreichen Zahnknochens ist es zu danken, dass er nicht mit verwitterte und verging. Alle anderen Elephantenknochen sind daneben fast vollständig verschwunden. Das Haufwerk derselben würde, wenn es erhalten wäre, eine unerschöpfliche Quelle des Reichthums für die betreffenden Gegenden abgeben. Wenn aber dieses eine grosse, und deshalb relativ seltene Thier, dessen vormaliges Dasein durch seinen unzerstörbaren Zahn verkündigt wird, in so ungezählter Menge über die Oberfläche verbreitet

wurde, welche Knochenmassen von den anderen, viel zahlreicheren, heerdenmässig lebenden Thiergeschlechtern sind auf der Erdoberfläche verwittert! In dem Schlamm unserer Seen und Moräste, in dem Torf der Moore finden wir zwar Anzeichen dieses Vorganges durch Hirschgeweihe und die Hörner untergegangener Rinderracen, aber die Grösse des Geschehenen verkündet nur das Elfenbein.

Nur an den wenigen Stellen der Erdoberfläche, wo ein relativer Schutz gegen die Verwitterung wie gegen das Verschleppen stattfindet, in Höhlen und Spalten des Gebirges, konnte die Anhäufung der Säugethierknochen einen beständigen Charakter annehmen. In manchen Gegenden der Erde, wo ältere Kalksteine grosse Flächen bedecken, in welche durch das spätere Gewässer tiefe Thäler eingeschnitten sind, finden sich mächtige Höhlen, eine an die andere gereiht, tief hineinreichend in das Kalksteinplateau, eng verzweigt mit einander, oder in ununterbrochener Folge den Abhang desselben gegen das Flussthal oder die Ebene begleitend.

Diese Höhlen sind eine Folge der lösenden Kraft des kohlensauren Wassers, welches sie einst durchströmte, und ihren Wänden die weichen Wölbungen, die unregelmässig wellenförmig gestaltete Oberfläche und die auffallende Glätte ertheilte.

In ein, von dem früheren abweichendes, Niveau gerückt, sind sie dann nicht blos den Angriffen des kohlensauren Wassers entzogen, sondern dasselbe Wasser strebt von da an, sie wieder mit Kalkstein zu füllen, indem jeder mit Kalk beladene Tropfen im Innern der luftigen Höhle verdunstet, und einen stetigen Ansatz von festem krystallinischem Kalkstein, an der Decke in Gestalt eines Eiszapfens, an dem Fussboden in Gestalt eines buckeligen dicken Glatteises bildet.

Unter dieser buckeligen Decke von Tropfstein findet sich eingebettet in Lehm oder Letten gleichzeitig mit Bruchstücken des Kalksteins und anderen Steinbrocken ein dichtes Haufwerk von Knochen verschiedener Thiere, und zwar derjenigen Thiere, welche diese Höhlen einst bewohnten.

Während man die Knochen von Pferden, Rindern, Hirschen, Rennthieren, Nashörnern und Elephanten nur in der Ebene findet, wo irgend ein zufälliger Umstand deren Erhaltung begünstigte, stammt in diesen Knochenhöhlen der grösste Theil von Bären und Hyänen her, doch auch von Tigern, Panthern, Löwen und Füchsen, und nur selten trifft man die Knochen solcher Thiere, von denen etwa die genannten Raubthiere gelebt haben könnten. Da also hier von zusammengeschleppten Knochen, dem Mahle der Höhlenbewohner, nicht die Rede ist, giebt der Inhalt dieser Räume den besten Maassstab, welche Knochenanhäufungen die Oberfläche der Erde zeigen würde, wenn die zerstörenden Agentien nicht wären, die den Knochen zur Nahrung der Pflanze bereiten. Es sind aber keinesweges immer nur die Knochen der grossen Raubthiere, welche hier diese Massenansammlung bewirken, die Fledermäuse und die kleinen Nagethiere verursachen noch heut zu Tage ganz ähnliche Erscheinungen.

Lund, welcher in den östlichen Abhängen der Bergzüge des brasilianischen Hochlandes, die aus Uebergangskalkstein bestehen, achtundachtzig verschiedene Knochenhöhlen untersuchte, und sowohl ihre ausgestorbenen, als ihre lebenden Bewohner studirte, erzählt, dass es vielleicht keine einzige Höhle giebt, in welcher nicht die brasilianische Waldratte, *Mus lasiurus,* durch ihre Knochen einen Beitrag geliefert habe. Im Innern einer Höhle, wo der Boden eine dicke Lage dunkler Erde bedeckte, die ganz mit kleinen Knochen vermischt war, füllte er sich einen Kasten mit ungefähr $^1/_2$ Kubikfuss derselben, und darin zählte er nach seiner Heimkehr ungefähr 2000 halbe Unterkiefer von *Mus lasiurus* und 400 von *Didelphis murinus.* Es ist gut, diese Massenwirkung der kleinen Knochen an einem Beispiele vorzustellen, denn in der geologischen Thätigkeit der Ansammlung bestimmter Stoffe wirken kleine Pflanzen und Thiere durch ihre ungezählten Mengen ohne Ausnahme viel gewaltiger als die uns imponirenden grösseren Thiere, und die Vertheilung der Phosphorsäure durch alle Tiefen der geschichteten Erdrinde ist nicht den grösseren, son-

dern den kleineren Thieren zu danken. Nur durch das Bedürfniss der Anschaulichkeit gezwungen, nimmt unser Verständniss der Sache den Weg, von den grossen zu den kleinen Sammlern der Phosphorsäure.

Ein zweites Beispiel von zufällig geschützter Ansammlung der Knochen bieten uns die Knochenbreccien dar, welche sich in den Spalten der Gebirge, aber auch wohl nur der Kalkstein- und Gypsgebirge bilden. In den tief zerspaltenen Kalksteingebirgen ist es ein Leiden der Heerdenbesitzer, dass trotz aller Vorsicht hie und da ein verwegenes Stück Weidevieh in einen Gebirgsspalt stürzt, und dort verendet. Was den zahmen Thieren begegnet, wird auch die wilden treffen, und so sammelt sich dann am Boden der senkrechten Klüfte des Kalksteins das Gebein der hineinstürzenden Thiere an. Die Regengüsse schwemmen von allen Seiten etwas Thonschlamm über dieselben, das Wasser, welches aus den Kalkwänden sickert, durchdringt den Schlamm mit kohlensaurem Kalk und verfestiget das Ganze der Knochen, gemengt mit dem abbröckelnden Gestein und mit den Schalen der Landschnecken, die hinunter fallen oder kriechen. In diesen sogenannten Knochenbreccien, welche wie Gangmassen den Spalt im Gebirge ausfüllen, und bei einer wandelbaren Mächtigkeit, welche 12 Fuss und darüber erreicht, sich in der Regel weit ins Land erstrecken, findet sich nun eine völlig andere Thierwelt vereinigt, als in den Knochenhöhlen. Hier sind es besonders Hirsche, Antilopen, Rehe, Schaafe, Ziegen und Esel, nächstdem aber auch Mäuse, Ratten, Kaninchen, Fledermäuse, Vögel, Frösche, Schlangen und Eidechsen. An allen Küsten des Mittelmeeres, von Gibraltar bis nach Syrien hin, hat man solche Knochenbreccien getroffen. Wie weit dieselben zu Düngerzwecken in Ausbeute genommen, ist nicht zu sagen.

Festigkeit des Gesteins verhindert an vielen Stellen eine Aussonderung der Knochen und im ungesonderten Zustande werden sie wohl erst von Bedeutung für die Nachbarschaft sein, wenn die zugänglichen Phosphate seltener werden, und man sich mit den ärmeren begnügen muss. Welcher wunder-

baren Mittel sich übrigens die Natur bedient, um ihre Stoffsammlungen zu bewirken, das lehren insbesondere die Knochenbreccien in dem Felsen von Gibraltar. Auf den Rändern der tiefen Spalten am Nordabhange dieses Felsens nisten Falken und lassen die Knochen der verzehrten kleinen Thiere in den Abgrund fallen, so dass unten eine durchweg kleinknochige Breccie entsteht.

Das Vorstehende wird hinreichend sein, um zu illustriren, welche Menge Knochen zur Bildung grosser Haufwerke von phosphorsaurem Kalk bereit ist, sobald nur irgend ein Umstand sie gegen die weitere Zerstörung schützt. Der grossartigste Schutz dieser Art ist das Meer, das alle in ihm absterbenden Thiere und alle durch die Ströme ihm zugeführten Leichen in seinem Schoosse begräbt, mit Thon- oder Kalkschlamm umhüllt, und neue Schichten bildet, die dereinst wieder zur Oberfläche der Erde gehören sollen.

Vier jüngere Zeitalter von Meeresbildungen sind, abgesehen von den Gletscherabsätzen, an den Mündungen der Elbe in noch weichem Zustande über einander zu finden, zu unterst der schwarze Glimmerthon der Tertiärformation, darüber der graue Mergel des steinfreien Diluviums, darüber das gemeine Grand- und Lehmdiluvium und darüber die alluviale Marsch. In allen vieren hat der Verfasser, um nur das Colossalste zu nennen, die Knochen grosser Cetaceen, der Wallfische und Delphine gefunden, in dem gemeinen Grand-Diluvium sogar einen vollständigen Wallfisch von 70 Fuss Länge, den die Hamburger Knochenhändler zerhackt und an die Düngerfabrikanten verkauft haben.

Wenn aber die Riesenknochen der grossen Walthiere erhalten wurden, so sind selbstverständlich in diesen Schichten auch allerlei kleine Fische mit ihren zierlichen Gräten und Schuppen zurückgeblieben. Grosse, glänzende Haifischzähne in besonderer Zahl verkünden es zur Genüge, dass auch die Knorpelsubstanz ihres Rückgrats in dem Thone vertheilt wurde, und zahlreiche Fischzähne und Schuppen der mannichfaltigsten Gestalt in Schiefern und Kalksteinen aller Formationen ver-

rathen es, welchen Beitrag zur Bildung der Kalksteinmasse die Fische lieferten, wie sehr ihre zerfallenden Körper den Kalkstein mit Phosphorsäure erfüllten. Die wenigen Beispiele von wirklichen Fischschiefern, wo die ganzen Thiere mit ihrem vollständigen Knochengerüst neben einander gepackt sind, bezeichnen nur Ausnahmefälle, in denen irgend ein plötzliches Sterben diese Thierclasse überfiel, wie z. B. in dem Mansfelder Kupferschiefer der Einbruch eines giftigen Vitriolwassers in das nährende Element, oder wie vor nicht langen Jahren der Einbruch des Meerwassers in den bis dahin von süssem Wasser gefülltem Liimfjord. Im Allgemeinen wird Gräte und Knorpel nur kurze Zeit unterscheidbar, der Regel nach blos in Substanz dem Bodensatze des Meeres einverleibt, und nur der harte Zahn bleibt unverändert als Zeichen des Vorhandenen.

Dass die untergeordneten Thiergeschlechter, was ihnen an Grösse abgeht, durch Zahl, was ihren festen Theilen an Phosphorsäure abgeht, durch das grössere Gewicht derselben ersetzen, ist aus dem Früheren bereits klar. Sind sie mit ganz leichten Schalen versehen, wie Lingula und einige andere, dann sind dieselben auch wieder reicher an Phosphorsäure und knochenähnlich zusammengesetzt, dergestalt, dass in den älteren Schichten Deutschrusslands und Canada's ganze Schichten derselben gefunden werden (Unguliten- und Obolensandstein), die fast eben so reich an Phosphorsäure sind wie die Fisch- und Reptilienschiefer.

Man kann es daher als eine Thatsache betrachten, dass jeder Absatz des tiefen Meeres und jeder dadurch gebildete Fels von thierischer Masse und besonders von basisch phosphorsaurer Kalkerde durchdrungen ist.

Wo nun in den Schichten selber die Masse von Knochen sich zufällig häufte, entstanden Lager von phosphorsaurem Kalk, die jetzt ausgebeutet werden können. Viel häufiger aber bildeten sich Ablagerungeu dieser Art, wo durch chemische Thätigkeit der Gehalt an Knochenerde aus den mächtigen

Schichten extrahirt und an besonderen Lagerstätten wieder abgesetzt wurde.

Den klarsten und allein erschöpfenden Ueberbick über diese Vorkommnisse gewährt die Anordnung derselben nach der Altersfolge, denn eine solche Reihenfolge der Thatsachen lehrt zugleich am besten, was man — da ja doch das Suchen nach Phosphaten einer Goldsuche gleich zu achten ist — an jedem einzelnen Orte zu hoffen habe.

Da die jüngsten Ansammlungen dieser Art die Knochenbreccien und Knochenhöhlen bereits besprochen sind, so empfiehlt es sich, vom Jüngeren zum Aelteren hinanzusteigen, auch lässt sich dabei ziemlich genau die Zeitfolge der Entdeckungen und Anwendungen inne halten.

Die frühzeitige Anwendung der Koprolithen zu Zwecken der Düngung giebt ihnen eben so sehr ein Recht auf die erste Stelle in dieser Erörterung, als der Umstand, dass sie, oder wenigstens die Producte, die man jetzt Koprolithen nennt, obgleich allen Gebirgsformationen eigen, doch vorzugsweise den jüngeren Bildungen angehören, also der Entstehung aus den im Meeresschlamm begrabenen Thierresten noch relativ nahe sind.

Man hatte schon früher in den von Hyänenknochen gefüllten Höhlen den weissen Koth dieser Thiere beobachtet, welcher, fast nur aus phosphorsaurem Kalk bestehend, wie der weisse Koth der Hunde, die blos Knochen gefressen haben, unter dem Namen *album Graecum* sogar in der alten Medicin Verwendung gefunden hatte.

In den weichen, dunklen Thonen und Schiefern der Liasformation zu Lyme Regis kannte man, weil das Meer sie ausspült, gewisse rundliche Steine, welche aus allerlei Mageninhalt grösserer Fleischfresser zu bestehen schienen, und die man daher nach dem Vorgang der alten Medicin als Bezoarsteine (Eingeweidesteine) bezeichne.

Im Jahre 1829 unterzog Buckland dieselben einer genaueren Untersuchung, und stellte fest, dass auch sie der Koth von fleischfressenden Thieren seien, was Prout durch chemische

Analyse bestätigte, welche 50—57% phosphorsauren Kalk ergab. Die vielgenannten Ichthyosauren, die grossen fischähnlich gestalteten Reptilien jener Zeit, deren Kiefer und Zähne zu einer gewaltigen Leistung eingerichtet waren, wurden als die Erzeuger dieses Kothes erkannt, denn man gewahrte im Innern ihrer wohlerhaltenen Skelette oft noch den vollständigen Mageninhalt von gleicher Zusammensetzung und Farbe. Diese ächten Koprolithen sind oft noch so gut erhalten, dass man aus ihrer Beschaffenheit nicht blos die Nahrungsmittel der Ichthyosauren, sondern auch die Weite, Gestalt, und die speciellen Functionen ihres Darmcanales nachweisen kann. Die originale Abhandlung Buckland's giebt folgende anschauliche Beschreibung der Koprolithen: „In der Mannigfaltigkeit, Grösse und äusseren Gestalt gleichen die Koprolithen länglichen Rollsteinen oder Nierenkartoffeln. Sie haben grösstentheils zwei bis vier Zoll im Durchmesser. Einige wenige sind viel grösser und in gehörigem Verhältniss zu dem gigantischen Bau der grössten Ichthyosauren, andere sind klein, und ebenfalls im Verhältniss zu den jüngeren Individuen derselben Art und zu kleineren Fischen; einige sind platt und gestaltlos, wie wenn die Masse in einem halbflüssigen Zustande abgesondert wäre, andere sind durch den Druck des Schiefers verflacht. Ihre gewöhnliche Farbe ist aschgrau, bisweilen mit Schwarz untermischt oder auch ganz schwarz. Ihre Substanz zeigt eine compacte erdige Natur wie verhärteter Thon mit fettglänzendem Bruch. Die Koprolithen von Lyme Regis sind meistens gewunden, aber die Zahl ihrer Windungen ist sehr ungleich; gewöhnlich sind es drei, nie sah ich mehr als sechs. Die Durchschnitte dieser Körper lassen in ihrem Innern eine gefaltete Platte erkennen, die spiralförmig vom Mittelpunkt nach aussen aufgewickelt ist, wie die Windungen einer Kreiselschnecke, und auf ihrer Oberfläche erkennt man die Runzeln und kleinen Eindrücke, welche ihren Durchgang im weichen Zustande durch die Eingeweide des lebenden Thieres bezeugen. Mitten in diesen versteinerten Excrementen finden sich Schuppen und bisweilen Zähne und Knochen von Fischen, welche unverdaut durch die Eingeweide

der Saurier gegangen zu sein scheinen, in der Art, wie man in dem album graecum der fossilen und lebenden Hyänen Email von Zähnen und bisweilen Knochenfragmente unverdaut vorfindet."

An der Küste von Lyme Regis sind diese Koprolithen so häufig, dass man sie in manchen Theilen derselben wie Kartoffeln bei der Ernte im Boden zerstreut findet. Noch zahlreicher sind sie im Lias der Severn-Mündung bei Bristol, wo sie meilenweit den Boden füllen.

Diese Entdeckungen erregten zuerst unter den Naturforschern ausserordentliches Aufsehen und in kürzester Frist gelang es denselben, in fast allen älteren und jüngeren Gebirgsschichten dergleichen aufzufinden. Selbst in der Steinkohlenformation traf man noch Koprolithen, welche so verhärtet waren, dass sie zu Schmuck geschliffen werden konnten, und ihren wunderbaren Inhalt den erstaunten Freunden dieser Spielereien zeigten. Manches, was früher unerkannt geblieben oder verkannt worden war, wurde jetzt plötzlich als Koprolith gedeutet. Namentlich in den Kreidemergeln, besorders denjenigen von Mastricht hatte man gewisse gewundene Steine früher für Tannenzapfen gehalten. Nachdem man sie aus dem neuen Gesichtspunkte beurtheilte, waren sie rasch als Excremente der Haifische und Rochen erkannt, von deren Zähnen sie begleitet sind, und die Analyse bestätigte durch die gefundene Phosphorsäure den Gedanken.

Man stellte eine förmliche Classification der Kothproducte auf, unter denen der Guano als Ornithocoprus figurirte und wo Saurocoprus, Ichthyocoprus, Amiocoprus, Hyainocoprus gegeneinander gruppirt wurden, man unterschied ein Graecum album, nigrum, fuscum.

Das neugierige Spiel mit dieser Curiosität sollte aber gar bald von allerhöchster practischer Bedeutung werden.

Im Jahre 1846 entdeckte man nämlich in den pliocenen Schichten der Grafschaft Suffolk bei Felixstow im sogenannten Korallencrag, einem weissen, mergeligen Gebilde von etwa 20 Fuss Mächtigkeit, zu unterst in der Nähe des ihn unter-

teufenden schwarzen Londonthons harte Steinknollen, welche sich bei näherer Untersuchung als Koprolithen und phosphorsäurereich erwiesen.

Die damals eben in Aufschwung gekommene Kunst der Aufschliessung der Knochen durch Schwefelsäure, deren Product noch unter dem Namen *German compost* verkauft wurde, lenkte die Aufmerksamkeit benachbarter Düngerfabriken auf dieses phosphorsäurereiche Material, Versuche der verschiedensten Art wurden gemacht, und schon 1849 wurde eine regelmässige Ausbeutung der oberflächlichen Schichten bei Felixstow, Sutton und Walton begonnen, welche noch heute in Thätigkeit ist und die sogenannten Suffolk-Koprolithen liefert.

Das Lager ist nur ½ bis 1½ Fuss mächtig und ausser den wirklichen Koprolithen zeigten sich in demselben zerbrochene und abgerollte Knochen von Sauriern, Schuppen und Zähne von Fischen und einzelne dichte und harte, meist dunkle gerollte Steine, welche ebenfalls phosphorsauren Kalk enthielten, ohne dass man dessen Ursprung zu deuten wusste.

Da dies Alles unter dem Namen Koprolithen in den Handel kam, so änderte bereits gleich zu Anfang im Munde der Techniker der Name Koprolith seine ursprüngliche Bedeutung, indem er alle phosphorsäurehaltigen Concretionen begriff, welche thierischen oder nichtthierischen Ursprungs, sich als verhärtete Stücke aus weichen oder mürben geschichteten Gesteinen auswaschen lassen.

Thierische Abfälle haben den Vorrath der Phosphorsäure geliefert, aber derselbe war Anfangs mehr vertheilt in der ganzen Dicke der Schichten. Durch die chemische Anziehung, welche überall ein grösserer Brocken auf die ringsum fein vertheilte Masse von gleicher Substanz ausübt, haben sich Koprolithen und Knochen angereichert, und kleine Brocken von Knochen und Koprolithen oder anderen Versteinerungen den Ansatzpunkt zur Sammlung des phosphorsauren Kalkes dargeboten.

Dieselbe Erscheinung tritt in allen anderen geschichteten Gebirgen zu Tage, so dass oft in demjenigen, was als Koprolithen angesprochen wird, nur noch der Gehalt an phosphor-

saurem Kalk das Gemeinsame ist, während blosse Concretionen um einen kleinen Kern oder um und in den Formen einer Muschel oder Schnecke gemeint sind.

Während die Geologen diese Producte mit Recht als Pseudo-Koprolithen bezeichnen, wird es, nachdem die Sache einmal üblich geworden, der Technik verstattet bleiben müssen, für dieses ganze Geschlecht ausgewaschener Concretionen den Namen der Koprolithen zu behalten.

Die Koprolithen von Suffolk sind von okerbrauner Farbe und ihr Pulver röthlich-gelb, fast wie das Pulver eines stickstofffreien Guano. Sie sind ausserordentlich hart, dadurch äusserlich und auch auf einem Schliffe sehr glänzend. Die Härte erschwert das Mahlen zu feinem Mehl und doch ist solches die nothwendigste Vorbedingung einer richtigen Aufschliessung in der Düngerfabrication, weil hier nicht, wie bei den durchweg porösen Knochenabfällen, die Säure vermittelst der Haarröhrenkraft eindringt, sondern der bei Einwirkung der Säure sich sofort bildende Gyps das etwa nicht vollständig zersetzte grössere Körnchen umhüllt. Dieser Umstand und ein nicht unbeträchtlicher Gehalt an Thonerde und Eisenoxyd, welche mit der löslich gewordenen Phosphorsäure sogleich wieder unlösliche Verbindungen bilden, drücken den Werth der Suffolk-Koprolithen herab.

Der Gehalt an Kalk- und Magnesia-Phosphaten beträgt etwa 45 bis höchstens 65 Procent in einzelnen Stücken, und summarisch nach der Mittelanalyse 54 Procent mit etwa 10 Procent kohlensaurem Kalk, 5 Procent Eisenoxyd, 4 Procent Thonerde und 3 Procent Fluor, welches letztere ebenfalls durch Mehrbedarf an Schwefelsäure und die Belästigung der Arbeiter schädlich wirkt.

Als sich, dieser Mängel ungeachtet, schon gleich im Anbeginn die Suffolk-Koprolithen bei der Düngerfabrication bewährten, wandte man sich auch anderen Gebirgsschichten, in denen die Geologen bauwürdige Koprolithen-Anhäufungen nachgewiesen hatten, mit der Ausbeute zu.

Keine Gebirgsgruppe hatte damals, und hat auch bis heute sich in dieser Beziehung so gesegnet gezeigt, als die des Grünsandes, welche in zwei mächtigen, durch Glaukonit grün gefärbten Sandstein-Schichtenfolgen, getrennt durch den blaugrauen Thon des Gault, unter der weissen Kreide liegen.

Der Grünsand ist sowohl als Sandstein, wie als Mergel, in den verschiedensten Gegenden der Erde, seitdem als besonders reich an Phosphorsäure erkannt, und kann in manchen Schichten, welche durchweg 2 bis 3 Procent Phosphorsäure führen, in seinen Heimathländern unmittelbar als Dünger auf die Aecker geführt werden. Die in der ganzen Masse des Gebirges verbreitete Phosphorsäure hat aber auch Gelegenheit gehabt, an recht vielen Stellen Petrefacten und Concretionen von phosphorsaurem Kalk zu erzeugen.

In der Gegend von Cambridge tritt der jüngere Grünsand in grossen Flächen völlig zu Tage. Zu beiden Seiten des Flusses Cam zeigt sich an den Thalrändern desselben, dass die unmitttelbar über dem Gault liegende Schicht in beträchtlicher Dicke mit Koprolithen erfüllt ist. Auch der Thon des Gault selber enthält in der Nähe des Grünsandes zahlreiche kugelige cylindrische und regellos gestaltete Concretionen von Kalkphosphat, welche mit denen des Grünsandes gemeinschaftlich ausgebeutet werden können. Einige kleine Gruben sind auch in den Thalrändern eröffnet. Besonders aber wird südlich und nordöstlich der Stadt die Ausbeutung betrieben, wo die geschilderten Grenzschichten auf grosser Ausdehnung an die Oberfläche treten, so dass Jahre lang die Bauern ihre ausgepflügten und abgeeggeten Steine auf die Wege und Landstrassen fuhren. Jetzt werden hier die Felder in einer Tiefe von 10 bis 14 Fuss regelmässig abgebaut, da man in dieser Tiefe das etwa 9 Zoll mächtige Lager von Koprolithen vorfindet. Die ausgegrabene Koprolithenerde in grossen eisernen Becken mit Maschinenkraft gewaschen, liefert etwa 35 Procent Koprolithen für den Handel. Zwischen dem Product der Wäsche finden sich nämlich noch viele, blos kalkige Versteinerungen von Schwämmen, Korallen und Muscheln, welche mög-

lichst beseitigt werden, während die schwereren phosphatischen Versteinerungen, die Knochen und Zähne mit den eigentlichen Koprolithen zusammen die Handelswaare bilden. Die Nieren oder Concretionen sind hier nur selten schwarz, meistens grünlich durch die Glauconite der umgebenden Felsart, oder gelblich durch Verwitterung derselben, dabei oft von ziemlicher Grösse bis zu der eines Hühner- oder Enteneies, aber runzelig und unregelmässig, selten oder nie in regelrecht gewundenen Gestalten, innerlich jedoch concentrisch oder spiralig gezeichnet.

Zu Pulver vermahlen, erweisen sie sich weniger hart als Suffolk-Koprolithen, aber härter als französische. Ihre Zusammensetzung ist sehr gleichmässig und nur wenig unter und über 60 Procent in den einzelnen Stücken, während die Mittelanalyse 58 Procent Erdphosphate liefert. Dabei haben sie 11 Procent Kohlensäure, kaum 2 Procent Eisenoxyd, $2^1/_2$ Procent Thonerde und 4 Procent Fluor.

In manchen anderen Theilen Englands, wo die Formation des Grünsandes verbreitet ist, werden ebenfalls Koprolithen gewaschen, doch haben sie alle im Handel den gemeinsamen Namen Cambridge-Koprolithen, und nur diejenigen, welche aus der älteren, unter dem Gault liegenden Grünsandformation gewaschen werden, tragen den Namen Bedford-Koprolithen. Sie enthalten zwar nur 35 bis 45, im Mittel etwa 40 Procent phosphorsauren Kalk, haben aber den Vorzug, dass sie nur verschwindende Mengen von kohlensaurem Kalk führen, also wesentliches Ersparniss an Schwefelsäure möglich machen.

Die Angaben über Production der Koprolithen sind sehr verschieden,und selten zuverlässig. Im Ganzen mögen in England von allen 3 Arten der Koprolithen 200,000 tons oder 4 Millionen Centner gewonnen werden. Fast die ganze Production aber wird im Lande selber verbraucht, da Frankreich eigene Koprolithenlager hat, Deutschland seinen Bedarf für geringhaltige Phosphate aus Nassau entnimmt, und überhaupt England nur nach Ankauf trachtet.

Die Schichten der Kreideformation, welche dem Grünsand entsprechen, haben in Deutschland gleichfalls Koprolithen ge-

zeigt, namentlich in der Nähe von Aachen, jedoch ohne eine Ausbeute zu veranlassen. Dagegen sind sie in Frankreich desto ergiebiger geworden. In den nordfranzösischen Kreidegebirgen der Depârtements Ardennen und Maas wurden 1852 Koprolithen zuerst von Dufrenoy entdeckt, dann nachdem diese Entdeckung von anderen Forschern auf Flächen von ungefähr 70 Quadratmeilen ausgedehnt war, durch Elie de Beaumont beschrieben und schliesslich zur Ausbeute gebracht. Es sind kleine knollige Stücke, die sich sehr leicht pulvern lassen, und bei niedriger Temperatur schon vollständig in Salzsäure löslich werden. Sie sind reich an kohlensaurem Kalk und enthalten nur 40 Procent phosphorsauren Kalk, verarbeiten sich aber leicht und bequem und werden durch fast hundert verschiedene kleine Mühlen bereits in einem Quantum von 80,000 tons jährlich in Frankreich verkauft. Ein grosser Theil derselben wird in rohem Zustande verwendet, da die Haidedistrikte des nordwestlichen Frankreich einer solchen Verwendung ungemein günstig zu sein scheinen, doch gehen auch grosse Mengen in die Düngerfabrik zu La Villette.

Noch grössere Aussichten eröffnen sich für ein Koprolithenvorkommen im südlichen Frankreich an den Ufern des Rhone nahe der Schweizerischen Grenze zu Bellegarde im Dèpartement de l'Ain. Der Schichten, in denen diese Koprolithen vorkommen, sind drei über einander, welche theils dicht zusammengedrängt, theils durch sandige Mittelschichten getrennt liegen, aber immer gemeinschaftlich ausgebeutet werden können.

Sie liegen nahe zu Tage und können sowohl durch Tagebau, als auch durch bergmännische Stollen- und Streckenbauten gewonnen werden. Bei der grossen Ausdehnung der Lagerstätte sind Millionen tons dieses Materials zu haben, und ist es besonders günstig, dass eine bergmännische Gewinnung möglich wird. Der Absatz der grössten Quantitäten nach Südfrankreich, Italien und der Schweiz ist durch die Belegenheit im Rhonethal und durch den inmitten der Lagerstätte situirten Bahnhof Bellegarde garantirt. Eine Analyse der unteren Schicht, Koprolithen und umhüllendes Gestein zusammen, ergab

45,5 Sand 19,20 kohlensauren Kalk, 24,76 Phosphat, so dass nahezu die Hälfte des Gewichtes der ganzen Schicht aus Koprolithen bestehen muss.

Unter diesen Koprolithen dürften wenig wirkliche Kothsteine vorhanden sein. Die meisten sind Bruchstücke von Ammoniten, Belemniten, Pecten- und Limaschalen und unförmliche Knauern. Die unterstliegenden sind weiss von Farbe, die oberen, grünlich durch Glauconit, gleichen in hohem Grade im Ansehen den Cambridge-Koprolithen.

Ausgewählte Stücke liefern einen Gehalt von 63—67 Procent basisch-phosphorsauren Kalk mit 11 Procent kohlensauren Kalkes, gleichen also auch hierin den Cambridge-Koprolithen, doch haben sich die gelieferten Ladungen nicht höher als 48 bis 50 Procent Gehalt beziffert. Der Verfasser hat im Grossen sowohl Cambridge- als Bellegarde-Koprolithen verarbeitet, und rücksichtlich des günstigen Verhaltens bei dem Aufschliessen wüsste er der Cambridge-Waare keinen Vorzug zu geben. Bei den enormen Wasserkräften, welche der eben erst aus den Gebirgsengen des Jura tretende Rhonefluss zum Waschen und Mahlen darbietet, dürfte dieser Lagerstätte eine hohe Entwickelung bevorstehen.

Es würde zu weit führen, sollten hier alle Lagerstätten von Koprolithen aufgeführt werden, die von irgend einer Stelle, stattlich mit Analysen ausgerüstet, aber selten in abbauwürdiger Sammlung, erwähnt werden. Sie reichen eben von den jüngsten tertiären Schichten bis zu den ältesten, und dies giebt ihnen das hohe Interesse, denn es stellt die Auffindung einer Lagerstätte nicht blos im Gebirge, sondern auch in der Ebene in Aussicht.

So hat man in der noddeutschen Ebene bei Peine an der Grenze von Hannover und Braunschweig ein grosses Lager von harten, steinigen Koprolithen, über der Gemarkung der Dörfer Adenstädt, Bülten, Bodenstedt, Barbek ausgedehnt gefunden, welches zum Theil 30 Fuss mächtig ist und ungeheuere Mengen liefern könnte, wenn das Material nicht theils zu reich an Thonerde und Eisenoxyd wäre, um in der Fabrication Verwendung zu finden, theils bei einem Gehalte von 75 Procent basisch-phos-

phorsauren Kalkes zu sparsam in dem Erdreich vertheilt wäre. Besonders wichtig aber scheint es zu sein, dass, wie schon der Crag in Suffolk lehrt, die Tertiärformation, welche in der Ebene immer ausgedehnter aufgedeckt wird, dergleichen beherbergt. In der norddeutschen Braunkohlen-Formation fängt die Erscheinung dieser willkommenen Gäste auch bereits an, Aufmerksamkeit zu erregen. Bei einem Schachtbau zu Wollmirstädt und im Abraum eines Steinbruchs zwischen Osterweddingen und Sülldorf haben sie sich reichlich vorgefunden, bei Helmstädt am Gehlberge findet aber bereits eine Gewinnung derselben Statt. Es sind Pseudokoprolithen, hellgelbe und graugrüne Knollen, innen schwarzbraun, und in der Regel einen Muschelrest oder Fischzahn umhüllend,, eingebettet in eine mehrzöllige Schicht des grünen Sandes, welcher als Meeresbildung die norddeutsche Braunkohle unterteuft. Da dieser grüne Meeressand in der Provinz Sachsen eine ausserordentliche Verbreitung hat, eröffnet sich die Aussicht zu neuen, reicheren Aufschlüssen, und allen Bewohnern der norddeutschen Ebene ist die sorgfältige Beachtung der tertiären Bildungen, besonders der in ihnen vorkommenden, in der Regel gar zu generisch bezeichneten „Steine“ angelegentlich zu empfehlen.

Die nächsten Verwandten der Koprolithen sind nach der Seite der organischen Bildung hin das sogenannte bone bed, nach der Seite der unorganischen Bildung hin, die Knollenphosphorite. Das Bonebed ist eine aus Zähnen, Schuppen, Gräten, Knochen und Koprolithen zusammengesetzte Schicht auf der Grenze der Keuper- und Liasformation, welche jedoch bisher keine Gelegenheit zur Ausbeute gegeben hat. Die Knollenphosphorite sind grosse, meist ganz unregelmässig gestaltete Phosphoritgebilde, welche in weichen Gesteinen, namentlich in mürben Kalksteinen, ohne den sichtlichen Anlass eines thierischen Ueberbleibsels, sich vorfinden, und als das erste rein chemische Product der Concentration aus grösserenMassen sich darstellen.

Während die Koprolithen und Pseudokoprolithen vorzugsweise in den Tertiär- und Kreideschichten ihre Heimath haben,

sind die Knollenphosphate besonders in der Juraformation ausgebildet. In dem fränkischen Jura sind sie von den tieferen Liasschichten bis in den unteren weissen Jura hinein sehr verbreitet, namentlich in der Umgegend von Bamberg in den Schichten des Ammonites margaritaceus, und zwischen Rabenstein und Weischenfeld in den Ornatenthonen. In geringerem Maasse, doch immer noch ziemlich allgemein, finden sie sich im Badischen, Württemberger und Allgäuer Jura, sowie in dem norddeutschen Jura der Wesergebirge und des Teutoburger Waldes. Die Specialisirung dieser Erscheinungsform auf das Juragebirge, und die Aehnlichkeit der rauhen, löcherigen und unregelmässigen Concretionen mit manchen isolirten Dolomitblöcken in dem Kalksteine des Jura, welche die Aufmerksamkeit ablenkt, erweckt die Hoffnung, dass in diesem Gebiete noch Entdeckungen von grösserer Bedeutung bevorstehen.

Am bekanntesten unter den Vorkommen dieser Art ist das Lager bei Amberg in Bayern. Dort findet sich auf den sogenannten Grün-Oolithenkalken und den Doggerschichten das Phosphat, auf dem Erzberge in der Nähe eines mächtigen Brauneisensteinlagers. Es war seit lange bekannt, da es in einer Kuppe anstehend, stückweise aus bebauten Feldern aufgepflügt wurde. Ganz ähnlich erscheint er auch in der Umgegend von Königshütte, Bergen und Leidersdorf. Es bildet unförmliche, zerfressene, löcherige Stücke, vielfach mürbe, zerreiblich, an der Zunge haftend, und dann wie Thon riechend, oft aber auch besonders in den Höhlungen nierförmig ausgebildet, feinfaserig, und matt schimmernd, zuweilen schalig abgesondert. Seine Farben sind gelblich- und röthlich-grau, zuweilen gestreift und gefleckt, und seine Zusammensetzung etwas wandelbar. In grösseren Massen gemahlen giebt das Pulver fast 80% basisch-phosphorsauren Kalk und 3% Fluorcalcium. Die Grube scheint freilich grosse Mengen nicht liefern zu können, da die englischen Contrahenten des Herrn Lawes seinerzeit unverrichteter Sache abzogen. Für die nächste Umgegend bleibt sie immerhin ein Schatz und der beste Lehrmeister für die Auffindung verwandter Lagerstätten in der ganzen Juraformation.

Zu diesen Knollenphosphaten mögen auch diejenigen gehören, welche bei Kursk in Südrussland auf mehrere Meilen Weges als Strassenbaumaterial verwendet worden, und recht unpassend Apatitsandstein genannt worden sind. Man beschreibt sie als rundliche, rothbraune Klötze mit blasiger oder löcheriger Oberfläche, schichtenähnlich an einander gereiht in einem Sandstein des Kreidegebirges. Bei 50% Sand führt dieses Gestein doch noch 30% Kalkphosphat mit 5% Fluorcalcium und 8% kohlensaurem Kalk. Da der Sandgehalt keineswegs die Fabrikation, sondern nur den Transport erschwert, so sind dergleichen continental abgelegene Vorkommnisse für ihre eigene Gegend von höchster Bedeutung. Ein ähnliches Vorkommen im Gouvernement Woronesch, wo aber auf 41% Sand und 31% Kalkphosphat volle 24% kohlensauren Kalkes kommen, ist eben dadurch für die Düngerfabrikation unbrauchbar.

Jedenfalls gehört zu den Knollenphosphaten das in letzter Zeit reichlich auf den Markt gebrachte Carolina-Phosphat. Dasselbe besteht aus löcherigen Knauern eines aschgrauen Gesteines, dessen Oberfläche von einem dichten, geborstenen Email überzogen ist.

Das Gestein scheint aus einer grünlichen, thonigen Ablagerung der Kreideformation ausgewaschen zu sein, wird wahrscheinlich blos in Folge der Gewinnungsarbeit, als Charleston River und Charleston Land Phosphate unterschieden, zeigt im Innern zahlreiche, meist zerbrochene Kreidepetrefacten, besteht in der Hauptmasse aus Körpertheilen mikroskopischer Organismen und ist also völlig porös. Das Gestein wird contractlich mit 60% Phosphatgehalt verkauft, und jeder Mehrgehalt wird wesentlich höher bezahlt, es darf nicht unter 55% halten, wird aber doch schon mit 48—55% abgeliefert. Da es so porös ist, lässt es sich ausserordentlich leicht aufschliessen, und giebt verhältnissmässig viel lösliches Phosphat, allein bei dem geringen Gehalte ist es doch nur mit ausnahmsweise geringen Frachten auf dem europäischen Continent zu

verwerthen und höchstens für den Liverpooler Markt brauchbar, seitdem die Preise der Koprolithen so gestiegen sind.

Den Knollenphosphaten schliessen sich zunächst die Nesterphosphate an, welche in Hohlräumen des Gesteins oder in den Lücken verschiedener, einander berührender Gesteine sich abgelagert haben. Das merkwürdigste Beispiel dieser Art sind die in Deutschland viel genannten, und auch in England und Frankreich jetzt hinreichend bekannten, Lahnphosphate aus dem ehemaligen Herzogthum Nassau.

Vor dem Jahre 1864 war in Nassau das Vorhandensein derselben so gut wie unbekannt. Das merkwürdige Material, das jetzt dort in gewaltigen Mengen zum Theil mit Eisensteinen und Manganerzen zusammen auf gemeinschaftlichen Gruben gefördert wird, mag freilich auf diesen Gruben auch früher oft genug zu Tage gefördert sein, ist aber dann seiner Unansehnlichkeit halber mit anderen gemeinen Felsarten beseitigt, über die Halde gestürzt oder zum Strassenbau verwendet worden.

Zuerst im Jahre 1861 wurde auf der Eisensteingrube Eckartsgraben im Unterlahnkreis das Phosphat als solches erkannt, fand sich daselbst aber so innig mit den Erzen verwachsen, dass an eine Ausbeutung zu landwirthschaftlichen Zwecken gar nicht gedacht werden konnte, vielmehr die Eisensteingrube selbst aufgegeben und verschüttet werden musste, weil die, für den Acker so unentbehrliche, Phosphorsäure für das Eisen ein zerstörendes Gift bildet, und die Erze völlig unbrauchbar macht.

Da wurde plötzlich zur grossen Ueberraschung aller Bergbaukundigen des Districtes im Sommer 1864 in der Dorfmark Staffel bei Limburg an der Lahn in mächtiger und weit verbreiteter Ablagerung ein Phosphat entdeckt, welches eine nachhaltige Gewinnung möglich machte.

Der Bergwerksbesitzer, Herr Victor Meyer in Limburg, später Eigenthümer bedeutender Phosphatgruben, hat das Verdienst, diese wichtige Lagerstätte bei Schürfarbeiten auf Braunstein gefunden und dadurch den Anstoss zu einer Reihe

ähnlicher Entdeckungen gegeben zu haben. Professor Mohr in Bonn, damals in Coblenz, wies in dem jüngst entdeckten Vorkommen einen Gehalt von $67{,}_{8}$ %, Fresenius in Wiesbaden $66{,}_{9}$ % Knochenerde nach.

In Folge dessen begann nun eine Durchsuchung des Bodens überall, wo die gleichartigen Verhältnisse des Grundgesteins ein ähnliches Vorkommen erwarten liessen. Wir wollen versuchen, diese Verhältnisse unseren Lesern übersichtlich zu machen.

Mitten durch Nassau strömt die Lahn, zu welcher von Süden her das Taunusgebirge, von Norden her der rauhe Westerwald ihre Vorterrassen herabsenken, um dem Flusse ein breites Thal zu bereiten. Beide Gebirge sind Theile des grossen Rheinischen Schiefer-Plateau, das nur im Westerwald noch durch eine jüngere Decke von Braunkohlengebilden mit Basaltdurchbrüchen gekrönt ist. Auf dem mittleren Laufe der Lahn zwischen Wetzlar und Dietz ist der eigentliche Schiefer mit einem, auch zu der Uebergangsformation gehörigen, Kalkstein bedeckt, demselbigen, der in dem westlichen Flügel des Rheinischen Schiefergebirges das Eiffelgebirge zusammensetzt, und den man daher auch Eiffelkalk genannt hat.

Dieser Eiffelkalk nun ist zu beiden Seiten der Lahn in mannichfaltige Berühung getreten mit eigenthümlich ausgebildeten Grünsteinen, die man für vulkanische oder plutonische Gebilde der ältesten Zeiten halten muss und aus deren Wechselwirkung mit Schiefer und Kalkstein wunderliche, mürbe tuff- und mandelsteinähnliche Felsarten entstanden sind, die den, nur in Nassau üblichen, Namen Schalstein für dieses, mit allen seinen Eigenthümlichkeiten, eben auch nur in Nassau bekannte, Gestein tragen.

Der mittlere Lauf des Lahnflusses, wo Kalkstein und Schiefer, uralte vulkanische Grünsteine und Schalsteine sich drängen, bildet die Hauptfundstätte der Phosphate. Ueberall wo der Kalkstein und die ihm untergeordneten Dolomite dem Schalstein nahe sind, hat man glückliche Erfolge gehabt, während grössere Flächen des Kalksteins ohne Ausbeute durch-

sucht wurden, so dass offenbar der Schalstein in ursachlicher Beziehung zu den Phosphaten steht.

Mittelpunkte der Gewinnung sind augenblicklich die drei Berggehänge nach dem Kessel von Wetzlar zu, dann der schroffrandige Theil des Lahnthales zwischen Weilburg und Limburg, besonders zwischen den durch reiche Mangangruben ausgezeichneten Dörfern Dehren und Stetten, endlich, eben oberhalb Limburg, wo das Thal mildere Formen annimmt, Staffel, dessen grossartiges Vorkommen zuerst als technisch bedeutsam erkaunt und verwerthet wurde.

Das bedeutendste von allen Lagern liegt am linken Lahnufer unterhalb Weilbachs, wo die Lahn auf eine kurze Strecke von Norden nach Süden fliessend, den Charakter eines Querthales annimmt. Dieses Lager erstreckt sich etwa eine Meile lang durch sechs Dorfmarken.

An den drei Abhängen des Gebirges nach dem Kessel von Wetzlar gestaltet sich die Verbreitung wie folgt: Den Taunus hinauf liegen die Lager zu beiden Seiten der Aar bei Netzschbach und Katzenellenbogen; den nordöstlichen Abhang des Westerwaldes hinauf findet sich westlich von Dillenburg bei Breitscheid und Medingen ein hochgelegenes Gebiet von Phosphatnestern; das Hinterländer Gebirge hinauf erscheinen dieselben bei Waldgirmes, Königsberg und Hohensolms.

Auf diesen Nestern findet sich das Phosphat fast eben so wie der Braunstein und Eisenstein, die auf gleiche Weise aus dem Nebengestein gesickert sein müssen, in einen eisenreichen Thon eingebettet, in zerfetzten grossen und kleinen Knollen, dicht wie gemeiner Kalkstein, mit splitterigem oder erdigem Bruch. Die Farbe ist theils braungelb, theils weissgrau, theils sogar lavendelblau, auch buntgefleckt in unreinen Nüancen von Weiss, Schwarz, Grün, Gelb, Roth, Braun, meistens mit schwarzen Moosdendriten von Manganerz überstrickt. Häufig ist das Gestein zerbrochen und wieder verkittet, als Breccie aus scharfkantigen und Conglomerat aus gerundeten Stücken, verunreinigt durch Brocken des Nebengesteins.

Eben so häufig erscheint das Phosphat in Platten oder Schollen, selten ist es schiefrig, oft aber schalig, schwammig, zellig und porös, mit zwischengelagerten erdigen Theilen wie dolomitische Rauhkalke.

Manche dichte Stücke sehen im Bruche aus wie brauner und rother Jaspis mit flachmuscheligem Bruch, und diejenigen, welche einen traubigen Ueberzug haben, zeigen grosse Aehnlichkeit mit dem oft ganz ähnlich vorkommenden Kieselgalmei.

Das Gestein ist weniger hart, als ausserordentlich zähe, sein specifisches Gewicht ist fast genau drei Mal so gross als das des Wassers, wodurch es sich leicht von den ähnlich aussehenden Dolomiten unterscheidet. Das Pulver leuchtet erwärmt mit phosphorischem Lichte, ähnlich wie das des spanischen Phosphorits, die leberbraunen Stücke gelblich, die weissen erdigen intensiv grünlich. Man hat hieraus die Berechtigung hergenommen, das Gestein gleichfalls Phosphorit zu nennen.

Die chemische Analyse eines so wechselvollen Gesteins ergiebt natürlich sehr verschiedene Resultate. Der Gehalt an Knochenerde ist in einzelnen schönen Stücken bis 85% gefunden, beträgt aber durchschnittlich bei grösseren Stücken 60, bei Mittelstücken 50, bei kleinen 40 und bei dem Grus nur 30 oder 25%. Als das kohlensaure Wasser den phosphorsauren Kalk aus dem Schalsteine oder dem Kalksteine lösete, setzte es denselben in den thonigen Nestern wieder ab, und umhüllte somit alles Fremdartige, das sich dort vorfand.

Dieser Lahnphosphorit ist also in hohem Grade verunreinigt. Seine Beimengung besteht theils aus Thon, theils aus unreinen Eisenerzen, theils aus Kalk und Dolomit, sowie auch aus phosphorsaurem Eisenoxyd und phosphorsaurer Thonerde.

Die zuweilen vorkommenden traubigen Ueberzüge haben meistens ein feinfaseriges Gefüge, eine spargelgrüne Farbe und einen ziemlich hohen Grad der Durchscheinigkeit. Sie scheinen die reine Grundlage des Gesteins darzustellen und haben das überraschende Resultat ergeben, dass ausser dem Fluorcalcium auch kohlensaurer Kalk nach bestimmten Proportionen mit dem phosphorsauren Kalk verbunden ist, so dass hier ein anderes

Mineral vorliegt, das auch einen eigenen Namen nach der Fundstätte Staffelit erhalten hat, welcher streng genommen auch für die unreinen Varietäten angewendet werden sollte.

Der Phosphorit, um diesen Namen gelten zu lassen, wird in Nassau durch einfachen Bergbau gewonnen, dann durch Klauben auf der Halde von allem Nebengestein befreit, dann von anhängendem Thon und sonstigem Schlamm mit grosser Sorgfalt rein gewaschen, ferner durch nasse Aufbereitung, welche die Mineralien nach den specifischen Gewichten sondert, noch weiter von fremdartigen Beimengungen gesäubert und angereichert, und schliesslich so fein gemahlen, als es nur ausführbar ist.

Nur durch diese Sorgfalt ist es möglich geworden, das deutsche Naturproduct mit dem fremdländischen überhaupt in Concurrenz zu setzen, und den jährlichen Consum auf Hunderttausende von Centnern zu erheben.

Die Verunreinigungen des Lahnphosphorites, besonders des Mittelgutes von 50%, des niedrigsten, welches noch zur Anfertigung von Superphosphaten dienen kann, haben sich für diesen Zweck als sehr ungünstig erwiesen. Während die Koprolithen 10% kohlensauren Kalk und 4% Eisenoxyd und Thonerde enthalten, kehrt sich das Verhältniss bei den Unreinigkeiten in den Lahnphosphoriten völlig um. Nun wirkt der kohlensaure Kalk zwar verzehrend auf Schwefelsäure, jedoch gleichzeitig die sich entwickelnde Kohlensäure im hohen Grade lockernd auf das Fabricat. Eisen aber und Thonerde wirken auf die bereits gebildete lösliche Phosphorsäure dergestalt, dass sie wieder in den unlöslichen Zustand zurückkehrt.

Das sogenannte Zurückgehen der Superphosphate ist eine allgemeine Erscheinung. Man darf nämlich einen Ueberschuss von Schwefelsäure aus Gründen der Zweckmässigkeit nicht zusetzen, weil dann das Product, dessen Trockenheit für die weitere Verarbeitung und für die Verwendung von höchster Wichtigkeit ist, Feuchtigkeit aus der Luft anzieht. Bleibt aber ein Theil des basischen phosphorsauren Kalkes mit dem sauren in Berührung, so bildet sich neutraler phosphorsaurer Kalk, welcher

zwar in kohlensaurem Wasser löslicher als der basische, aber doch nicht löslich in reinem Wasser ist. Wo nun aber gar Eisenoxyd und Thonerde in einem Superphosphat vorhanden sind, da wirken dieselben noch viel energischer auf das Zurückgehen, indem sich neben dem, durch Säureentziehung gebildeten, neutralen phosphorsauren Kalk noch ein ganz unlösliches Eisen- und Thonerdesalz bildet. Bei den Lahnphosphoriten kommt auch noch in Betracht, dass Eisenoxyd und Thonerde durch die starke Schwefelsäure und die Fluordämpfe von einer mit ihnen verbundenen Kieselerde geschieden werden, die ihrerseits, die kleinsten Theile inkrustirend, der Löslichkeit entgegenwirkt.

So kommt es, dass ein, dem Gehalte nach, für 16% lösliche Phosphorsäure geeigneter Lahnphosphorit im frischen Superphosphat nur 10—11% ergiebt, und nach längerer Ablagerung sogar bis auf 6 oder 7% zurückgeht.

Dieses in den reinen Knochenpräparaten unbekannte Leiden, welches der Wirksamkeit des Düngers den höchsten Eintrag thut, ist zwar allen mineralischen Superphosphaten eigen, doch keinem der gebräuchlichen in solchem Grade, wie dem aus Lahnphosphorit gefertigten.

So war es natürlich, dass die wichtige Frage von dem Werthe der zurückgegangenen Phosphorsäure hauptsächlich durch diesen Anlass zur Sprache kam.

Auf der 6. Wanderversammlung deutscher Agriculturchemiker zu Halle 1869 wurde eine Commission aus den Herren Heidepriem, Hellriegel, Karmrodt, Schulze und Stohmann ernannt, um zu entscheiden, ob neben der unlöslichen und löslichen in der Düngercontrole auch noch eine schwerlösliche Phosphorsäure zu unterscheiden sei.

Die Commission wurde durch Dr. Nessler in Karlsruhe ergänzt, da Dr. Karmrodt verhindert war. Dieselbe entschied sich dahin, dass man neben der in reinem Wasser löslichen Phosphorsäure nur die in demselben unlösliche in der Düngercontrole könne gelten lassen.

Diesen Beschluss machten jedoch die immer drückender werdenden Verhältnisse des Rückgehens der Lahnsuperphosphate in den Rheinlanden ganz unausführbar, und da sich inzwischen durch Untersuchungen, welche Piccard in der schweizerischen polytechnischen Zeitschrift veröffentlichte, und welche auf der Versuchsstation Kuschen wiederholt und geprüft wurden, herausgestellt hatte, dass die sogenannte zurückgegangene Phosphorsäure in der That einen intermediären Werth habe, so wurde der Gegenstand durch die in der Enge befindlichen Rheinischen Düngerfabrikanten auf's Neue angeregt. Fresenius stellte in Gemeinschaft mit Neubauer und Luck ein analytisches Verfahren fest, durch welches man diesen mittelwerthigen Zustand der Phosphorsäure in dem neutral gewordenen, oder dem gefällten basischen Kalksalz quantitativ bestimmen könne. Schliesslich einigte man sich auf einer Versammlung der Rheinischen Düngerfabricanten am 2. Juli 1870 dahin, dass der Fabricant, wenn er ein bestimmtes Quantum aufgeschlossener Phosphorsäure in dem Fabricate garantire, stillschweigend dabei zugestehe, dass nur $^2/_3$ derselben in reinem Wasser löslich seien.

Leider liess man sich dabei hinreissen, festzustellen, dass dieser Modus nur auf Superphosphate aus Lahnphosphorit angewendet werden solle, für die Dünger anderen Ursprungs sei der frühere Modus beizubehalten.

So kam es, dass am Rhein die gemeinen Superphosphate aus den Lahnphosphoriten geringen Gehaltes, den niedrigen Preisen dieses Rohproductes gegenüber, hoch bezahlt, die sonst überall gesuchten reicheren Superphosphate aber von diesem Territorium beinahe abgewehrt werden.

Es dürfte auch dort im lauteren Interesse der Landwirthschaft wünschenswerth sein, Aufklärung über die realen Werthverhältnisse verschiedener Dünger durch die landwirthschaftlichen Vereine in bäuerlichen Kreisen mehr zu verbreiten, nicht um die Lahnphosphorite zu verdrängen — denn an hochgradigen Superphosphaten besteht kein Ueberfluss — sondern, um die daraus gefertigten Superphosphate den dasigen Land-

wirthen für einen Preis zugänglich zu machen, welcher den billigeren Preisen hochgradiger Superphosphate entspricht.

Dem entgegen ist aber sogar in der Juniversammlung der Rheinischen Düngerfabricanten des Jahres 1872 das Bestreben kund geworden, selbst durch die Düngercontrole die zurückgegangene Phosphorsäure als löslich und gleichwerthig mit der in reinem Wasser löslichen bezeichnen zu lassen.

Da nach solchem Princip der gefällte phosphorsaure Kalk der Leimfabriken das Beste aller Superphosphate sein würde, was den Versuchen im Felde vollständig widerspricht, so darf man mit Recht eine Reaction der Intelligenz aus den landwirthschaftlichen Kreisen des Rheinlandes und namentlich von den Spitzen der Vereine gegen ein solches Gebahren erwarten, damit nicht, was die Natur zum Segen des Rheinlandes in den Schooss der Erde niederlegte, in das Gegentheil umschlage.

Schon hat Stohmann derbe angerathen, die Rheinischen Fabricanten möchten lernen, gute Superphosphate aus den geringen Phosphoriten zu bereiten, auch ist es bekannt, dass einige Fabricanten Kunstgriffe besitzen, die Säure zu extrahiren und auf eine geringere Masse der inerten Stoffe zu concentriren. Der richtige Weg ist also bereits gewiesen.

Theils aus diesen Uebelständen, theils aus der zu Kunstdüngern wirklich ungeeigneten Beschaffenheit der geringeren Sorten dieses Gesteins hat sich der lebhafte Wunsch entwickelt, dieselben in der deutschen Landwirthschaft im rohen Zustande angewendet zu sehen.

Die Wohlfeilheit spricht für eine solche Anwendung, denn man kann die fünffache Menge Phosphorsäure für dasselbe Geld dem Acker zuführen, und selbst wenn man die 6—7fache Menge bedürfte, um in dem ersten Jahre ein gleiches Resultat zu bewirken, wäre es noch vortheilhaft, weil man gleichzeitig für eine Reihe nachfolgender Jahre sorgt.

Die Erfahrungen sprechen verschieden. Der Baker-Guano, welcher die doppelte Menge Phosphorsäure und in einem noch löslicheren Zustande enthält, war nahe daran, vom

Markt zu verschwinden, wenn er nicht durch Aufschliesen mit Schwefelsäure nutzbar gemacht worden wäre.

Der englische Farmer, welcher sehr gut rechnet, hat sich nirgends zu fortgesetzter Anwendung selbst der besten Phosphate in unaufgeschlossenem Zustande verleiten lassen. In Frankreich beschränkt sich die Verwendung dieser Phosphorite wie der eigenen Koprolithen im rohen Zustande auf die Haidedistrikte, in Deutschland sind die bisherigen Versuche der practischen Landwirthe ohne rechten Erfolg geblieben, und die ausdrücklich zum Zwecke der Einführung gemachten Versuche haben zum Theil so fabelhafte Resultate ergeben, dass die Meinung, es seien Irrthümer vorgefallen, sehr verbreitet ist.

Wünschenswerth für die Landwirthschaft, wünschenswerth, für den bereits so ausgedehnten Erwerbszweig der Gewinnung dieser Phosphorite sind zahlreiche Versuche, besonders im Sinne der Andeutung, welche Frankreich durch die Beschränkung dieses Verfahrens auf seinem nordwestlichen Haidedistricte giebt. Nur in solchen Ausnahmefällen kann man sich dem Drucke der Regel entziehen, welche Völcker ganz allgemein ausspricht: „Es ist geradezu eine Verschwendung von gutem Rohmaterial, wenn man viel von den unlöslichen Phosphaten unbearbeitet von Säuren lässt. Unlösliche Phosphate welche im Superphosphat oder ähnlichen künstlichen Düngern gegenwärtig sind, haben für den Landwirth wenig praktischen Werth.“ Von den zahlreichen Versuchen über die Löslichkeit der verschiedenen phosphorsäurereichen Materialien, welche alle auf dasselbe hinauskommen, und nur wenig in den Resultaten abweichen, genügen schon die jüngsten von Dr. Dietrich in Cassel zur Erledigung der Frage.

Durch 100Liter kohlensaures Wasser löste er Phosphorsäure

	in 48 Stunden	in 12 Wochen
aus geringhaltigem Lahnphosphorit	1,66 Gr.	1,66 Gr.
„ hochprocentigem „	1,89 „	2,55 „
„ Baker-Guano	5,25 „	12,00 „
„ Knochenmehl	5,31 „	16,72 „

	in 48 Stunden	in 12 Wochen
aus gefällt. bas.-phosphorsaur. Kalk	7,40 Gr.	27,52 Gr.
„ neutralem phosphorsaurem Kalk	18,53 „	43,84 „

Aus diesen Zahlen geht gerade für den geringhaltigen Lahnphosphorit ein so ungünstiges Verhältniss hervor, wie es selbst a priori kaum zu erwarten stand. Offenbar sperrt die Verkieselung, ungeachtet der grosssen Feinheit des Pulvers, wie es jetzt in den Handel geliefert wird, den phosphorsauren Kalk von der Berührung mit kohlensaurem Wasser aus. Es ist ein ähnliches Resultat, wie die chemische Bindung an Fluorcalcium bei dem Apatit bewirkt. Der krystallisirte Apatit löst sich nur in 100,000 Theilen kohlensauren Wassers auf. Das Fluorcalcium löst sich zuerst, und der davon befreite Apatit löst sich schon in 5500 Theilen Wassers.

Gäbe es daher ein Mittel, die kieselsauren und thonigen Verbindungen aufzulösen oder zu lockern, welche in den geringen Lahnphosphoriten vorhanden sind, so würden diese doch auch verwendbar sein. Ein solches Mittel bietet vielleicht die Natur durch die Beschaffenheit gewisser Bodenarten, auf welche dann die Anwendung zu beschränken wäre:

Es wird Niemandem entgangen sein, dass die gewöhnlichen Feldsteine der norddeutschen Ebene, also vorzugsweise Gneus, Granit und Porphyr, wenn sie aus der moorigen Haideoberfläche gebrochen werden, ganz anders aussehen, als wenn man sie aus Lehm oder Sandboden bricht. Sie sind auf der Oberflache bis zu 2 Linien Tiefe schneeweiss. Der Feldspath und Glimmer sind in Porcellanerde verwandelt, der Quarz ist zerfressen. Der gemeine, sonst rostbraune Sand, wenn ihn in diesen Gegenden der Regen aus dem Haideboden wäscht, ist schneeweiss, die Sandsteine haben eine glattwellige wie von Regentropfen ausgewaschene Oberfläche — lauter Beweise, dass in dem anmoorigen Haideboden die Silicate zersetzt, die reine Kieselsäure benagt wird, sei es durch freie Huminsäure oder durch huminsaures Ammoniak. Dadurch wird auch in den Phosphoriten zunächst das Phosphat blossgelegt, und das sich bildende huminsaure Kali und Natron oder das huminsaure Ammoniak sind ganz

vorzügliche Lösungsmittel des basisch-phosphorsauren Kalkes. Auf Moor- und Haideboden sind daher nach Frankreichs Vorgang diese Versuche energisch fortzusetzen, denn hier kommt die Gier der Gewächse nach mineralischen Stoffen, theilweise selbst nach Kieselsäure hinzu, und überdies besteht der allgemeine Wunsch, die Culturgrade solcher Districte zu beleben.

Dass Knochenmehl in Moorboden weniger Dienste leistet als anderswo, und dass auch die Parallelversuche von Sterneborg eine so geringe Wirkung des Knochenmehles neben dem Phosphorit ergaben, erklärt sich leicht durch die antiseptischen Eigenschaften der Moorerde, welche die zu der Wirkung des Knochenmehles nothwendige Fäulniss hindern. Im Moorboden findet man Knochen und Hörner der vor Jahrtausenden versunkenen Thiere unzersetzt, und selbst die Leichname aus vorgeschichtlicher Zeit findet man mit Haut und Haar und Kleidung erhalten.

So erklären sich die scheinbaren Widersprüche. Grosse Versuche in den moorigen Haidedistricten Westphalens und Hannovers sind allein geeignet, die Frage der Anwendung roher Lahnphosphorite noch zu Gunsten derselben zu entscheiden. Der beste Erfolg ist ihnen zu wünschen im Interesse der Gruben und im Interesse der uncultivirten Haiden.

Inzwischen hat neuerdings ein anderes Phosphat grosse Aufmerksamkeit geweckt, welches seiner äusseren Erscheinung nach gleichfalls auf ein nesterartiges Vorkommen hindeutet. Dasselbe trägt den Namen Lot-Phosphat, nach dem Flusse Lot, einem Nebenflusse der Garonne, in dessen Gebiet es gefunden wird. Näheres ist über die Art der Lagerung nicht bekannt geworden. Der Fluss durchströmt den oberen und mittleren Jura und den Lias. Nicht unmöglich wäre es daher, dass ein blos knollenförmiges Auftreten im Jurakalk Statt fände. Die Hauptmasse des Gesteins ist gleichsam opalähnlich geflossen, einem lichten Feuerstein oder Halbopal ähnlich, von grauen Farben und fettigem Glanz auf muscheliger Bruchfläche, dabei aber undicht, löcherig, aussen zackig, im Innern gestreift oder gebändert, oder sonst unregelmässig, breccienartig verwachsen

mit pulverigem, schneeweissem, guhrähnlichen Phosphorit, und dadurch dem Halbopal noch ähnlicher. Obgleich die opalähnliche Beschaffenheit die Lösung zu erschweren scheint, lösen sich doch grosse harte Stücke leicht in Säure, da sie zwar wenig Eisenoxyd und Thonerde, aber ziemlich viel kohlensauren Kalk führen, die Masse enthält 40—80 % phosphorsauren Kalk; die ersten Abladungen erreichten 80 %, der Minimalgehalt dessen, was verschifft wurde, ist 70 % gewesen, so dass ein vorzügliches Material für 16—18procentiges Superphosphat gegeben ist, welches auch bereits zur Aushilfe bei dem mangelnden Baker-Guano benutzt wird.

Indem wir von dem nesterweisen Vorkommen zu immer regelmässigeren Lagerstätten aufsteigen, kommen wir zur flözartigen Ablagerung des Phosphorites. Das bekannteste Vorkommen dieser Art ist das Flöz von schwarzem Phosphoritschiefer in der Steinkohlenformation bei Hörde, mit ca. 20 % Phosphorsäure. Zwischen Bänken von sandigem Schieferthon erscheint daselbst ein Flöz von Kohleneisenstein, sogenanntem Blackband, welches auf zwei Meilen Erstreckung von einer Schicht eisenhaltigen Phosphorites begleitet wird, bis nach beiden Enden hinaus allmählig eins wie das andere verschwindet, und der reinen Kohle Platz macht. Das ganze Flöz ist 30 Zoll mächtig, wovon die oberen 4—6 Zoll einen stahlgrauen bis kohlschwarzen Phosphoritschiefer in Platten von 2—4 Zoll Dicke darstellen. Derselbe bricht schalig mit pechglänzender Oberfläche, enthält Schnüre von Spatheisenstein, Schwefelkies und Kohle. Da der schwarze Phosphorit etwa 18 % Eisenoxydul führt, so ist seine Verwendung zur Düngerfabrikation nicht ohne besondere Vorsicht möglich. Schon das Scheiden von dem begleitenden Eisenerz, welches fast ebenso aussieht, ist schwierig und muss fortwährend chemisch controlirt werden. Eine Mühle in Harburg, welche diesen Phosphorit roh gemahlen in Handel brachte, ist nach einem Brande nicht wieder aufgebaut. Sorgfältiger wird in Hörde selbst aufgearbeitet. Durch Rösten wird Kohle zerstört und das Gewicht gemindert, der Säuregehalt gesteigert. Ein abermaliges Ausklauben nach dem Rösten concentrirt

den Gehalt noch weiter, und aus den Mühlen erhält man ein Phosphoritmehl von der Farbe des caput mortuum, welches 40 bis 56 % Knochenerde und daneben die, nicht an Phosphorsäure gebundenen Eisenoxyde enthält. Das Rösten hat auch den inneren Zusammenhalt gelockert, eine kieselige Umhüllung der kleinsten Theile des Phosphates findet nicht Statt, die der Löslichkeit widerstrebende Verbindung mit Chlor- oder Fluorcalcium eben so wenig, und die Anwendung der Lösungsmittel, welche zurückgegangene Phosphorsäure aufnehmen, namentlich des citronensauren Ammoniaks, bewirkt schon eine theilweise Lösung. Daher ist mit Recht anzunehmen, dass dieses Product, welches bei anderweitigem Bergbau von selbst gewonnen wird, für die Rohanwendung auf den benachbarten Haidelandschaften vortheilhafter sein muss als der Lahnphosphorit.

Da man auch in den Schiefern von Wales ein ähnliches Blackbandflöz mit Phosphoritschiefer gefunden hat, und da bei Flözen am ersten eine grössere und gleichmässigere Mächtigkeit zu erwarten steht, so ist die bisher wenig beachtete Erscheinung für uns von hoher Wichtigkeit als Fingerzeig für grössere und bessere Fundstätten. Schon früher wurde angedeutet, dass vielleicht aus den ganzen Pflanzenhaufen, welche Kohlenflöze bilden, der phosphorsaure Kalk durch die Moderproducte entführt wurde.

Das erscheint selbst bei dem Torf in den flözartig zusammengereiheten Sumpfrasensteinen. Das zeigt sich auch in der Braunkohlenformation, welche neben den Blackbandbildungen das einzige wirkliche Phosphatflöz aufzuweisen hat. Bei Pilgramsreuth, eine Meile südlich vom Gipfel des Fichtelgebirges, findet sich eine von Basalt durchbrochene Braunkohlenmulde mit einem fünffüssigen Kohlenflöz. Unter der Kohle liegt zunächst bituminöser Schieferthon, dann sandiger Thon, und zwischen beiden ein Phosphoritflöz, das früher für zersetzter Basalt gehalten wurde, von dem Ansehen eines mageren Thones, erdig, unter dem Druck des Fingernagels glänzend, bräunlichweiss und am Lichte etwas nachdunkelnd.

Sowohl das ältere als das jüngere Vorkommen fordern Bergleute und Geognosten zur Sorgfalt in den Kohlengebirgen auf.

Die Ansicht, dass dies kleine Flöz den Pflanzen entstamme, darf übrigens keinesweges als unbedingt gültig aufgenommen worden. Seine erdige Beschaffenheit lässt auch die Vermuthung zu, dass es in genetischer Verbindung mit dem Basalte stehe, denn erdiger Natur pflegen auch die Osteolithe zu sein, die chlor- und fluorfreien Phosphate, welche sich auf Klüften des Basaltes, Dolerites, Phonolithes und Trachytes als ausgesickerte Producte bilden, wie z. B. in dem Dolerit von Steinheim bei Hanau und in dem Trachytconglomerat von Honnef im Siebengebirge.

Trotz seiner Schwerlöslichkeit zeigt sich ja dieses Salz gleich dem kohlensauren Kalk und dem Quarz in allen ersinnlichen Modificationen von der vollkommensten Krystallbildung bis hinunter zu dem erdigen Staube, ein weiteres greifbares Zeichen seiner Allgegenwart in den Schichten der Erdrinde.

Das gangartige Vorkommen, dessen bisher nur rücksichtlich vereinzelter Krystalle auf Erzgängen Erwähnung geschah, gehört dem alten Schiefergebirge an, und ist ebenfalls grossartig, mächtig, abbauwürdig, ganz ähnlich den mit Schwerspath erfüllten Gängen. Es eröffnet einen neuen Kreis von Hoffnungen, wenn gleich es in hohem Grade auffallend ist, dass dasselbe bisher nur an einer einzigen vielgenannten Stelle bekannt wurde. Wir meinen hier den eigentlichen Phosphorit, der diesen Namen allein mit Recht trägt, während das nassauer Gestein besser als derber Staffelit bezeichnet werden sollte.

Mit dem Namen Phosphorit benannte nämlich Werner ein eigenthümliches, theils strahliges, theils blumigblättriges, theils nur faseriges und erdiges Gestein, das, in seinem Habitus dem derben Schwerspath ähnlich, auch bis heute nur an einer Fundstätte, nämlich in Estremadura, getroffen ist.

Der Name soll keinesweges, wie jetzt vielfach geglaubt wird, den erst später aufgefundenen Gehalt an Phosphorsäure bezeichnen, sondern bezieht sich auf das starke Phosphoresciren des Mineralpulvers bei der Erhitzung. Selbst vor dem Löthrohr

sieht man Splitter desselben, trotz seiner Undurchsichtigkeit, hellgrün durchleuchten. Früher wurde es deshalb für Flussspath angesprochen, doch ist sein Leuchten heller und dauernder.

Die Farbe des Gesteins ist, auch in ganz frischen Stücken, gelblich-weiss und erbsengelb, ausserdem aber ist es fleischroth ochergelb und braun gefleckt, auch dendritisch schwarz überlaufen von Eisen- und Manganoxydhydraten, welche den feinen Haarspalten des strahlig-blättrigen Gefüges infiltrirt sind.

Das Mineral ist auf der Lagerstätte innigst mit Quarz durchwachsen, welcher sich durch seine weissere Farbe, grössere Durchscheinigkeit und durch freie Krystallisationen deutlich unterscheidet. Beide Mineralien sind zonenförmig miteinander verwachsen wie Bandachat, offenbar parallel den Salbändern gegen das Gestein, welches den etwa 4–5 Meter mächtigen Gang einschliesst.

Wie in den Erzgängen des Harzes finden sich scharfkantige Bruchstücke des Grauwackenschiefers, in welchem der Gang aufsetzt, von dem Phosphorit ebenfalls in gebänderten Lagen umschlossen. Die Fundstätten liegen in der Nähe des Städtchens Truxillo, namentlich bei Logrosan. Der silurische Grauwackenschiefer ist daselbst von kegelförmigen Bergen verwitterten Granites durchbrochen. Nahe dem Granit setzt der Gang fast senkrecht auf, kann über Tage gegen 4000 Meter weit verfolgt werden, und ist bis jetzt noch gar nicht bergmännisch abgebaut.

Er war den Anwohnern hauptsächlich durch seine Unverwitterbarkeit von jeher auffallend gewesen, und deshalb von ihnen als Baustein benutzt worden, da er ziemlich parallelepipedisch zerbricht.

Als nun im Anfang der vierziger Jahre die Bedeutung des Kalkphosphates für die Agricultur und somit auch für den Handel hinreichend erkannt war, da erinnerte sich der durch seine Vulkanforschungen rühmlichst bekannte Geologe Daubeny dieses Vorkommens und unterzog dasselbe 1844 einer persönlichen Untersuchung. Nachdem er die Güte des Materials er-

kannt, die Grossartigheit der Lagerstätte constatirt, die Möglichkeit der Ausbeute nachgewiesen hatte, scheiterte zwar zuerst das Unternehmen an den Schwierigkeiten des Transportes, wurde aber endlich doch durchgesetzt.

Von den jetzigen Gruben wird das Material auf Karren, oder bei Regenwetter, wegen der schlüpfrigen Pfade, auf Eseln an die Bahn gebracht, geht dann über die Gränze, quer durch ganz Portugal nach Lissabon, und wird dort verschifft.

Die Analyse lässt den Phosphorit als einen Fluorapatit erkennen, aber mit gesteigertem Gehalt von Fluorcalcium, welcher in ausgeschiedenen Stücken bis 14 % sich erhebt. Man wird durch diesen Fluorgehalt an die Eigenschaften der fossilen Knochen im durchlässigen Boden erinnert, welche im Laufe der Zeit ihren Gehalt an Fluorcalcium vermehren, und eine Anziehungsthätigkeit des phosphorsauren Kalkes für Fluor bethätigen. Gleich den porösen Knochen kann auch ein durch und durch zersplittertes Ganggestein mit strahligem Gefüge durch Haarröhrenkraft der Bergfeuchtigkeit das Fluorcalcium entziehen.

Mit ganz seltenen Hoffnungen durfte dieses eben so schöne, als reichlich vorhandene Mineral den Markt betreten. Sehr frei von kohlensaurem Kalk und Eisenoxyd, lag nur in der lästigen Menge des Fluor und in dem unschädlichen Quarz ein relativ kleiner Fehler. Allein, während die ersten Sendungen 75—80 % Phosphat enthielten, liefern die Ladungen jetzt nur noch 65 %. Ueberdies ist es schwierig, genaue Thatsachen durch den Handel zu erfahren, weil 1865 ganz in der Nähe bei Caceres ein Lager in der Kreide entdeckt wurde, dessen Ausbeute jetzt auf demselbigen Wege als Estremadura-Phosphorit versendet wird. Die Kosten der Transporte und deren unregelmässiges Erscheinen in dem fernen Portugiesischen Hafen bewirken übrigens für beide Lager eine ungenügende Rente, sobald der Gehalt heruntergeht. Englands und Deutschlands Importeure haben überdies durch Schwerfälligkeit und Langsamkeit der spanischen Justiz schon manchen Schaden erlitten, und so ist vorläufig diese glänzende Erscheinung auf dem Markt in Schatten getreten. Aber die Zeit wird kommen, wo sie sich

neu belebt, und vor allen Dingen lehrreich ist ihr blosses Dasein, weil sie die Wiederholung solcher Gangbildungen in den weit verbreiteten silurischen Schichten hoffen lässt, während man sonst nur das Einzelvorkommen der Krystalle auf Erzgängen und das Vorkommen eines 4 Fuss mächtigen Ganges von erdigem Phosphorit bei Szigeth in der Marmaroscher Gespanschaft für diese Erscheinungsform anführen kann.

Den Silurschiefern gehört auch ein anderes strahliges Vorkommen an, in Geoden gleich den Schwerspathkugeln von Bologna, welches am Dniester und dessen links liegenden Nebenflüssen ausgebeutet wird. Die Kugeln selbst haben einen Mittelgehalt von 75 % basisch-phosphorsaurem Kalk, der Thonschiefer, in welchem sie liegen, 0,33 % Phosphorsäure, an Thonerde und Eisen gebunden.

Wahrscheinlich ist es ein ähnliches Vorkommen, das eine schwedische Expedition im Jahre 1871 nach Spitzbergen lockte. Mit 2 Dampfschiffen, auf denen sie Häuser, Proviant und sonstigen Bedarf beförderte, gestützt auf Waschmaschinen, welche durch Spitzbergische Kohlen geheizt werden sollten, zog sie voll freudiger Hoffnung hinaus; mit 20 tons Phosphorit von 70 % an Bord, ist sie hoffnungslos zurückgekehrt.

Bestimmter nach dem Norden weist uns das edelste und reinste Vorkommen des natürlichen basisch-phosphorsauren Kalkes als krystallisirter und krystallinischer Apatit, welches in lagerartiger Ausbildung der grossen metamorphischen Formation eingeschaltet ist. Man hat diese älteste, gänzlich umkrystallisirte, geschichtete Gesteinfolge nach der grossartigen Entwickelung, welche sie an den Mündungen des Lorenzstromes nimmt, die Laurentische Formation genannt.

Bei der Umkrystallisation durch unterirdische Hitze mussten die Elemente des Apatites nach der Krystallisationsbegier, die uns aus Basalten und ähnlichen Gesteinen kund geworden ist, jedes Mal zur Geltung kommen. Daher trifft man den Apatit in allen Gesteinen dieser mächtigen Formation, im Gneus der Alpen und des Odenwaldes, im Glimmerschiefer Norwegens und des Gotthardt, im Talkschiefer des Tyrolischen Zillerthales, im

Hornblendschiefer Norwegens, als Begleiter der grossen Magneteisenlager, vor allen Dingen aber im körnigen Kalk oder Marmor, in Canada und den Vereinigten Staaten, im Ural und Ilmengebirge, in Norwegen Schweden und Finnland.

Am ersten zogen die Aufmerksamkeit auf sich die norwegischen Apatite.

Am Meerbusen von Christiania bei Kragerö findet sich der Apatit in mächtigen Massen. Hornblendschiefer und Quarzfels, die mit einander alterniren, sind durchsetzt von einer groben Hornblende, deren Einzelkrystalle die Grösse eines Fusses erreichen und zerstreute Haufen krystallinischen Apatites umklammern. Seine fleisch- und ziegelrothen Farben stechen lebhaft ab, geben die dunkelgrüne Farbe der Hornblende. Da der Apatit nur selten frei auskrystallisirt ist, so hielt man ihn lange für Feldspath. Auf Antrieb des Geologen Dahl unternahm eine englische Gesellschaft den Abbau in einer Anzahl kleiner Steinbrüche und unterirdischer Gruben, welche erst verlassen wurden, als der Bergbau schwieriger ward. Der Apatit enthielt 42 % Phosphorsäure, 53 % Kalkerde, 2 % Chlorcalcium, 3—4 % Unwesentliches, war aber von der Hornblende nicht ganz zu befreien und gab durchschnittlich nur 70—75 % Kalkphosphat. Da der Gewinnn gross war, die Belegenheit sehr günstig ist, die Spuren auch weiter landwärts sehr zahlreich sind, werden wohl bei steigenden Preisen noch grössere Unternehmungen hier bevorstehen. Aehnliches lässt sich von den Magneteisenlagern erwarten. Die Entstehung derselben, welche von grossen Apatitmassen begleitet sind, hat Forchhammer durch Schmelzen von Raseneisenstein in Kochsalz anschaulich gemacht. Hier schmolz die Masse ohne ein solches Medium. Wunderbar schön aber zeigt sich das schmelzende Medium in der Beschaffenheit der körnigen Kalksteine und Dolomite. Alles, was ein gemeiner Kalkstein und Dolomit an Verunreinigungen enthält, ist in dieser interessanten Matrix zu den mannichfaltigsten krystallisirten Mineralien vereinigt, welche fast alle mit gerundeten geflossenen Kanten in den weissen Gesteinen liegen. Die häufig-

sten sind der Reihenfolge nach: Serpentin, Augit, Tremolith, Hornblende, Wollastonit, Glimmer, Graphit, Apatit, Chondrodit, Quarz, Skapolith, Schwefelkies, Eisenglanz. Seltenere sind Zirkon, Spinell, Flussspath, Vesuvian, Turmalin, Korund und Kupferkies.

Der Apatit fehlt selten oder niemals ganz, weil jeder Kalkstein, aus dem der Marmor entstand, durch thierische Körper gesammelt wurde. In dem durch seinen Mineralreichthum ausgezeichneten körnigen Kalk von Pargas in Finnland ist der Apatit ein gewöhnlicher Begleiter. In den höchst mannichfaltigen Geschiebeblöcken körnigen Kalkes von nordischem Ursprung, die man durch Norddeutschland verstreut, und besonders reichlich im Travemünder Winkel findet, ist immer Apatit vorhanden. Besonders häufig aber ist er in den körnigen Kalksteinen des St. Lorenzgebietes und im Staate New-York. In dem letzteren Staate, Lawrence county, hat man Einzelkrystalle getroffen, welche 1 Fuss lang waren und 18 Pfd. wogen. Zu Gouverneur sind viele grosse see- und berggrüne Krystalle so vorgekommen, bei Amity liegt brauner Apatit neben Scapolith, zu Bolton in Massachusetts ist er mit Petalit massenhaft ausgeschieden. In den metamorphischen Kalksteinen Canadas sind ganze Partien zu reinen Lagern krystallisirten Apatites geworden. Die wichtigsten Punkte sind South Burgess und North Elmsley. Stellenweise werden diese Lager zu Düngerzwecken ausgebeutet, da sie bis 10 Fuss mächtig werden. Ihr Apatit hat nur eine geringe Beimischung von schwarzem Magnesia-Glimmer, zwischen dessen Blättern wieder versteckte kleine Apatitkrystalle liegen wie in dem Glimmer des Granits. Die Krystalle geben in der Analyse 91 % Kalkphosphat und 6 % Fluorcalcium, die derben Massen 86 % Phosphat und 7 % Fluorcalcium.

Zahlreiche andere Gruben in diesem Lande liefern hochprocentige Waare, aber während das Mineral meist nur sporadisch in kleinen Lagern auftritt, die Aufsuchung also an sich schwierig, durch die grossen Wälder noch erschwert ist, werden auch die Förderkosten in abgelegenen Gegenden höher, ver-

hindert die Unwegsamkeit der Pfade nach der Küste den Transport, und die Ungewissheit, ob man Schiffe nach Europa chartern solle oder nicht, die Rentabilität der Unternehmungen, so, dass auch dieser reiche und weit vertheilte Schatz einer Zukunft vorbehalten ist, welche jenes Land höher colonisirt hat. Uebrigens erscheint auch dies lagerartige Vorkommen als ein gesetzmässiges und man hat allen Grund, die Gegenden, wo der körnige Kalk erscheint, auf Apatitlager zu durchforschen, um so mehr da, der meiste Apatit ohne schädliche mineralische Beimengungen ein leichtes Aufschliessen gestattet, fast gar kein Zurückgehen zeigt, und wegen der krystallinischen Blätterdurchgänge leichter als jedes andere Phosphat zu mahlen ist. — Vorläufig aber versagen für die Herstellung hochprocentiger, also wünschenswerther, Superphosphate die mineralischen Ablagerungen, welche in dem entwickelten Zusammenhange den Thieren der Vorwelt ihren Ursprung verdanken, ihre Hülfe, und man wendet sich um in dieser Beziehung, dem Bedürfniss zu genügen, da die Production der Knochen nicht ausreicht, den Guanos zu, welche als Ansammlungen des Auswurfes von Thieren auf dem Festlande, in der gegenwärtigen Erdperiode, zum ersten Mal aufgetreten zu sein scheinen, da man fossile Guanolager in älteren Schichten nicht gefunden hat, und die ächten Koprolithen, die verstreuten Kothmassen von Meeresbewohnern der Vorzeit, nichts Anderes sind, als was auch heute täglich auf dem Grunde des Meeres eingebettet wird.

Ueber den Guano im Allgemeinen, besonders aber über den Peru-Guano, als über ein weit bekannteres und leichter zu beurtheilendes Material, können wir, den mineralischen Phosphaten gegenüber, uns kürzer fassen. Nur der wissenschaftlichen Ordnung halber sei das Nothwendigste erwähnt.

Guano ist bekanntlich eine Ablagerung von grösstentheils thierischem Koth, vermehrt durch die Körper gestorbener Thiere, die durch den Koth der Ueberlebenden eingehüllt wurden. Selbstverständlich können Anhäufungen dieser Art überhaupt nur dort eintreten, wo den Thieren ein beschränkter

Aufenthalt angewiesen ist. Kleine Inseln und Vorgebirge sind daher die Guanoplätze der Vögel, kleine Höhlen und Spalten die der Fledermäuse.

„Unglaublich ist — schreibt Lund in den Abhandlungen der Dänischen Akademie der Wissenschaften — die Menge der Fledermäuse, welche in einigen brasilianischen Höhlen gefunden wird. Manche Höhlen werden durch dieselben ganz unzugänglich. Die flüssigen Excremente der Thiere bedecken die Wände und den Boden auf grossen Strecken und machen letzteren so schlüpfrig, dass man nur mit grosser Gefahr darin gehen kann, wie auch der starke Ammoniakgeruch Denjenigen zu ersticken droht, den Wissbegier in diese dunklen Labyrinthe führt. Ich habe grosse Flächen der Decke von diesen Thieren bekleidet gesehen; eines drängte sich gegen das andere, so dass sie einer Pflasterung glichen. Man trifft sie so in den Höhlen nicht blos lebend, sondern mit den Hinterfüssen an die Decke geklammert, auch sterbend oder todt, und auf dem Boden umhergestreut, in allen Graden der Zersetzung.“

Ebenso zeigt sich der Fledermaus-Guano in Höhlen und Spalten an den Küsten des Mittelmeeres, dem Gebiete der früher geschilderten Knochenbreccien. Das Ganze ist nur eine Parallele zu den Anhäufungen der Körper des schwerfälligen Pinguins inmitten seines eigenen Kothes, wie sie auf einigen flachen Inseln der patagonischen Küste vorkommt und des unbehülflichen Seehunds und Seelöwen auf den nordperuanischen Felseninseln.

Auf den hohen Inseln und Vorgebirgen des mitteren Peru aber wirkt vorzugsweise ein anderes Moment zur Anhäufung, nämlich die Unerschöpflichkeit der Nahrung für die fischenden Vögel, neben der Beschränktheit des Platzes, welcher die Entleerungen der Nacht und besonders der Brütezeit empfängt.

Da die Wirkung des Regenwassers, welche in den Guanohöhlen durch die Bedeckung ausgeschlossen ist, auch auf den offenen Guanoplätzen ausgeschlossen sein muss, wenn nicht eine Auslaugung oder Fortspülung der weichen Kothmassen der

Vögel, die zugleich deren Harn enthalten, stattfinden soll, so ist im Allgemeinen nur in regenlosen, oder fast regenlosen Gegenden eine grössere Guanobildung möglich.

Die vorzüglichsten Plätze der Ablagerung sind daher die Inseln und Vorgebirge der peruanischen Küste, die Küsten und Inseln der Südspitze Amerikas, einige Inseln des stillen Meeres, der africanischen Südspitze und Westindiens.

Der Gehalt an Phosphorsäure in dem ächten Peru-Guano beträgt etwa 12 %, ist also relativ gering, und seinen hohen Handelswerth verdankt er mehr seinen stickstoffhaltigen Bestandtheilen. Allein wenn auch sein Gehalt an Phosphorsäure kaum den der geringeren Lahnphosphorite erreicht, so kommt er dennoch hier in Betracht, denn für den Ackerbau als Ganzes genommen, wird er bedeutsam, weil ungeheuere Mengen desselben zur Anwendung kommen.

Deutschlands Einfuhr betrug

1861: 25,000 tons.	1866: 55,621 tons.
1862: 30,000 „	1867: 52,412 „
1863: 48,785 „	1868: 73,923 „
1864: 50,699 „	1869: 85,233 „
1865: 54,940 „	

In jeder ton sind $2^1/_2$ Centner Phosphorsäure enthalten, welche ganz zur Wirkung kommen. Sie ist theilweise leicht löslich, wird theilweise durch die begleitenden Stickstoffverbindungen gelöst und wird jetzt auch bekanntlich in grossen Mengen mit Schwefelsäure aufgeschlossen.

Die Phosphorsäure dieses, hauptsächlich aus anderen Gründen verwendeten, Düngers ist also ein sehr wesentlicher Theil des ganzen Quantums unserer Zufuhr, und wenn die Zeit eintritt, dass der Peru-Guano fehlt, wird, abgesehen von seiner wahrscheinlich unersetzlichen Stickstoffmenge, auch zum Ersatz seiner Phosphorsäure das Kalkphosphat aus anderen Guanos und Mineralien in einem Maasse gefordert werden, dem man wohl nicht genügen kann.

Wann dieser Zeitpunkt eintritt, ist zweifelhaft. Der Verfasser hat in einer früheren Schrift, gestützt auf kaufmännische

Mittheilungen, gegen Ende des Jahrhunderts verlegt. Es fehlt ihm seitdem an ausreichenden Nachrichten, um diese Schätzung entweder umzustossen oder von Neuem zu bekräftigen.

Bekanntlich ist Peru aus den Händen der Geistlichkeit, die nur ihre Herrschaft und Bereicherung anstrebt, durch die neueste Revolution gerettet worden, welche am 2. August 1872 den durch communale und staatliche Finanzverwaltung geschulten, durch Reichthum, edle Bildung und Redlichkeit des Charakters ausgezeichneten Präsidenten Don Manuel Pardo an die Spitze des Landes brachte.

Derselbe hat in einer ad hoc berufenen Versammlung des Congresses den erstaunten Senatoren und Deputirten in Form einer Botschaft eine ungeschminkte Darstellung von Peru's Finanzlage gegeben. In Europa hat besonders der Passus, dass der Guano von Peru zur Deckung der äusseren Schuld und anderer Verbindlichkeiten gänzlich absorbirt sei und dem Staate keinen Ertrag mehr bringen werde, Schrecken verbreitet. Flüchtige Leser haben ohne Weiteres eine Erschöpfung des Guano verstanden, wo von einer Escomptirung seines Werthes die Rede war. Während des Druckes dieser Zeilen kommt die Nachricht von einer Monopolisirung des Südseesalpeters, die in kaufmännischen Kreisen zum Theil auch als Zeichen der Erschöpfung gedeutet wird.

Die Inhaber der Contracte haben freilich durch ein mit Sachkundigen besetztes Dampfschiff neue Untersuchungen anstellen lassen, aber ihre Kenntniss der Vorräthe, wie die Nachrichten der Regierung bleiben dem Publikum verborgen.

Deshalb will der Verfasser, dem von verschiedenen Seiten sehr verschiedene Zahlen genannt werden, es nicht unternehmen, eine neue Zeitbestimmung zu machen, da die zweite eben so unsicher sein würde, wie die erste.

Einst schätzte man die südperuanischen Lager zusammen gleich dem Inhalte der Chinchas Der Privatverkehr in diesem Artikel hat aber, wenn auch mit kleinen Fahrzeugen geführt, doch wesentlich daran gezehrt.

Im Norden dagegen soll ausser den Ballestas-, Guanape-, Macabi- und Lobos-Inseln wenig mehr vorhanden sein. Auf

den Focoinseln fand sich nur brauner Sand, den man, weil Robben und Vögel die Insel zahlreich besuchen, für Guano gehalten hatte. Am südlichen Punkte der Bai von Ferrol befindet sich ein Lager von Seehundguano, das von diesen Thieren stetig besucht wird, und in fortwährendem Zuwachs steht, dasselbe gilt von der kleinen Isla de Tortuga. Der Inhalt der Ballestas-Inseln gleicht dem der Chinchas. Von den Guanape-Inseln hat die grössere südliche ein vollständig von Vogelgerippen bedecktes, 160 Fuss mächtiges Lager, frei von Sand und Steinen und nur an dem Südpunkte feucht.

Die Macabi-Inseln, zwei steilrandige Granitfelsen mit 100 Fuss hohen Wänden, sind nur durch einen engen, kaum strassenbreiten Sund getrennt. Das Lager der Nordinsel, früher schon von Bewohnern des Festlandes ausgebeutet, ist nur 30 Fuss mächtig, das der Südinsel erhebt sich kegelförmig bis zu einer Mächtigkeit von 140 Fuss, frei von Sand und Steinen, aber feucht, und nur zur fabrikmässigen Bearbeitung geeignet.

Die Inseln sind noch beständig dicht von Vögeln bevölkert. Besonders ein Pelikan und mehrere kleinere Seegänse bewohnen die Oberfläche Nest an Nest. Während der Brütezeit, etwa $2^1/_2$ Monat, sitzt eines der Alten beständig auf dem Neste, weil die Aasgeier sonst sofort Brut oder Eier verschlingen. Jeder Vogel liefert in dieser Zeit 25 bis 50 Pfd. Guano, also dass auch der stetige Zuwachs nicht verächtlich ist.

Die Lobos-Inseln, welche sämmtlich aus Gneus und Glimmerschiefer bestehen, die von mächtigen Basaltgängen durchsetzt werden, sind auf der Oberfläche von hohen, nackten Felsrücken durchzogen, zwischen denen sich die Guanolager befinden. Auf der landwärts liegenden Gruppe ist eine der westlichen Landzungen mit einem Guanolager von 210 Fuss Mächtigkeit bedeckt. Dasselbe wird noch heute von den Robben bewohnt, aus deren Leibern es gebildet wurde, mit deren Knochen, Haaren und Fellstücken es erfüllt ist. Leider sind diese Thiere in den letzten Jahren so verfolgt, dass sie sich jetzt in der Nähe des Meeres halten, während sie früher, wie ihre Gerippe lehren, die höchsten Gipfel erklommen.

Im Ganzen haben alle diese nördlich von Callao befindlichen Guanolager, soweit sie untersucht sind, zusammen einen Inhalt von 31 Millionen Cubikmeter, und nahezu 4 Millionen tons Gewicht, aber einen sehr verschiedenen Gehalt sowohl an Stickstoff als an phosphorsaurem Kalk, den nur eine sorgfältige Verarbeitung zu aufgeschlossenem Guano wird ausgleichen können.

Diese wenigen Notizen über die Beschaffenheit und Entstehung der bisher minder bekannten Guanolager des Nordens von Peru hat der Verfasser hier mitgetheilt, nicht blos zur Vervollständigung des Wissens über die wichtige Küste, sondern zugleich um dadurch hier, wo eine zusammenhängende Schilderung des Ursprungs der Peruanischen Guanolager nicht mehr zulässig wäre, seine Natur wenigstens an einigen Beispielen anschaulich zu machen.

Der Verfasser hatte auch von einer der Patagonischen Inseln einen grösseren Posten Guano zur Verarbeitung, welcher zum Theil noch aus gehäuften vollständigen Seevögeln besteht, zwischen denen Muscheln, Schnecken Krabben und Meeres-Algen in Menge liegen. In dem Guano finden sich kleine schwarze Steine wie in dem Robbenguano, wo dieselben bekanntlich aus dem Magen der verwesenden Robben stammen, und eine Untersuchung des Magens der Vögel lehrt, dass auch sie 5—7 solcher Steine darin haben. Ja man weiss sogar, dass sowohl Pinguin- als Lion-Guano von den Patagonischen Inseln erst einer Fermentation an Ort und Stelle unterworfen werden, um die darin enthaltenen ganzen Thierleiber zu zerstören.

Dies Alles soll nur dienen, um der Behauptung entgegenzutreten, welche Habel in der naturforschenden Gesellschaft zu New-York vorgetragen, und angeblich durch Beobachtungen auf den Chincha-Inseln unterstützt hat, dass der Guano eine geschichtete Ablagerung des Meeres sei, und von den Protisten abstamme, jenen Urwesen, mit denen auch rücksichtlich der Abstammung des Menschen augenblicklich ein wissenschaftliches Spiel getrieben wird.

Habel hat eben nur den Stickstoff im Auge, der Guano aber, auch in allen seinen, vom Peru-Vorbild abweichenden Formen, wird reicher und immer reicher an Phosphorsäure, deren Concentration erst den Leibern der höheren Thiere eigen ist. Dieselbe kann auf ihren höchsten Grad erst von solchen Thieren gebracht werden, welche Fleisch und Knochen verschlingen, wie die Hyäne, oder Fisch mit Gräten und Schuppen, wie der Wasservogel und die Robbe, oder Insecten mit ihren harten Krusten wie die Fledermaus. Zur weiteren Concentration des Phosphorsäuregehaltes in den Guanolagern arbeiten dann die natürlichen Vorgänge der Verwitterung und Auslaugung hin; mit den Protisten haben sie nichts zu schaffen.

Dass Anhäufungen des Guano an vielen anderen Küsten stattfinden müssen, liegt in der Natur der Sache, allein nur in wenigen Fällen gleichen sie den Peruanischen an Grösse, noch seltener an Reinheit und noch seltener rücksichtlich des Zustandes ihrer Erhaltung.

Die Mächtigkeit der Lager hängt ab von der Masse der Vögel, also der vorhandenen Fischnahrung, und dann von der Kleinheit der Brutplätze. Beide Umstände treffen nur selten zusammen. Die Reinheit der Lager hängt ab von der Raschheit ihrer Bildung, von der Festigkeit des Gesteins, auf welchem sie ruhen, und von dessen Isolirung, also von dem Schutz gegen abbröckelndes, höher liegendes Gestein, gegen Ueberschwemmung und Ueberfluthung, besonders aber gegen Ueberschüttung mit dem Sande und den Unreinigkeiten eines nahen Strandes. Die Erhaltung ist vorzugsweise eine Folge des Klima.

Kleine, zerstreute, wenig mächtige, verunreinigte und schlecht erhaltene Guanolager hat man in vielen Gegenden gefunden, sie sind rasch ausgebeutet, oder rasch wieder in Stich gelassen, es wird nicht möglich sein, sie jetzt einzeln zu charakterisiren, da sie dem Grosshandel fremd geworden, also dem Landmann nicht mehr zugänglich sind. Niemand vermöchte es, von diesen ein vollständiges Register zu machen, zumal da viele Plätze von englischen und amerikanischen Schiffscapitainen

entdeckt, und anfangs geheim gehalten, nachdem die ersten Ladungen wegen geringen Gehaltes die Fracht nicht hinreichend gedeckt haben, wieder in Vergessenheit gerathen sind.

Noch immer werden neue kleine Lager dieser Art gefunden und oft haben die ersten Ladungen wegen ihres Reichthums an Stickstoff einigen Werth, allein wenn die Lager nicht gross und mächtig sind, so verlieren die unteren Theile, denen der Stickstoff fehlt, weil Sand und Steine oder Gypsgehalt auch die Menge der Phosphorsäure zu sehr herabdrücken, sofort ihren Verschiffungswerth.

Aus Asien kennt man nur die Lager auf den Inseln der arabischen Küste. Dieselben sind ziemlich zahlreich gewesen und bereits ausgebeutet, so weit es der Marktwerth erlaubte. Die bekanntesten waren die Kuria-Muria-Inseln fast in der Mitte der oceanischen Küstenstrecke Arabiens mit 10—65 % phosphorsaurer Kalkerde und 1—2 % Stickstoff.

Mehr Guano lieferte Africa von verschiedenen Punkten in der Nähe des Caps der guten Hoffnung. Wenig bewährt hat sich der Guano der Algoa-Bai an der Südküste des Caplandes, da er von Gyps überladen ist, besser der aus der Saldanhabai und von der Insel Ichaboe.

Diese Insel, ein kleines Felseneiland, nahe der Küste, stark bevölkert von Pinguinen und Seegänsen, enthielt ein eben so bedeutendes als vortreffliches Lager mit Anfangs 20 % phosphorsaurem Kalk und 8 % Stickstoff, also einem mittelwerthigen Peru-Guano gleich. Es ist in stürmischer Eile ausgebeutet und nach England transportirt worden. Die späteren Transporte wurden schlechter und schlechter, und was jetzt dort gebildet und gewonnen wird, ist mit Sand und anderen Küstenmaterialien so verunreinigt, dess es nur unter besonderen Umständen die Fracht bezahlt.

Aehnlich steht es mit der Saldanhabai, nordwestlich von der Capstadt, doch wird von da, ausser einem ausgelaugten Guano mit 60 % phosphorsauren Kalkes, noch gelegentlich ein Stickstoffguano in Handel gebracht, welcher durch erdiges Aussehen und völlig unzersetzte Federn kenntlich, wohl nur aus

der Zusammenkehrung der heutigen Abfälle des Vogelheeres stammt.

Bei allen diesen Abladungen, wie auch bei dem früher sogenannten Bolivischen, Chilenischen und Patagonischen Guano, war immer nur der Stickstoffgehalt der Maassstab des Werthes. Theils war in der Zeit jener Entdeckungen die Bedeutung der Phosphorsäure für künstliche Düngergemische noch nicht hinreichend erkannt, theils war die Menge derselben in den kleinen Lagern Guanos zu unbedeutend. Wo ein genügender Stickstoffgehalt fehlte, wie bei den kleinen Californischen Lagern der Inseln Elide und Patos, den Mexicanischen, den Westindischen Lagern, der Vogelinsel bei St. Vincent und der Pedro Keys bei Cuba, da erwies sich sehr rasch ihre Werthlosigkeit für den Handel nach Europa.

Dem Guano des stillen Meeres, namentlich dem Baker-Guano, der durch seinen grossen Reichthum an Phosphorsäure sich auszeichnete, war es vorbehalten, den Werth der Phosphorsäure in den Guanos zur Geltung zu bringen, nachdem diese Insel 1858 von den Americanern occupirt war.

Vorher machte sich jedoch ein anderes Naturproduct, halb Guano, halb Felsart, in der Düngerfabrication geltend.

Im Frühling 1855 kam unter dem Namen columbischer Guano ein hartes Gestein in Baltimore an, dessen Ursprung als grosses Geheimniss behandelt wurde. Es bildet theils einen losen Oolith, theils sehr harte traubige Steinknauern von chocoladebrauner Farbe, in concentrischen, dunkleren und helleren Lagen, theilweise scharfkantige Quarztrümmer umhüllend, äusserlich mit einem dünnen weissen emailähnlichen Ueberzuge, der auch Felsstücke überrindet, wie der, von Guanolagern stammende, Ueberzug des Basaltes der Insel Ascension. In den Höhlungen der Knauer sitzen Gypskrystalle. Den Nachforschungen der Handelswelt entging der Ursprung nicht lange; man erfuhr, dass das Material von den Monks-Inseln bei Maracaibo, einer Gruppe von Inselklippen gleich den nordischen Schären im Golf von Venezuela stammte, und benannte es darnach.

Bisher ist noch nicht festgestellt worden, ob der Maracaibostein von Guano oder von Knochen abstammt. Nach den äusseren Erscheinungen vermutheten Schiffscapitaine, deren Blick in diesen Dingen scharf sieht, dass es eine massenhafte Ansammlung von Fischgräten sei, welche durch Bildung einer harten Kruste vor Auslaugung und völliger Verwitterung geschützt blieb.

Die Analyse ergab 42 % Phosphorsäure auf nur 40 % Kalkerde und dadurch einen Vorzug vor allen anderen bekannten Kalkphosphaten. Sein Phosphat hat nämlich nur 2 Aequivalente Kalk auf 1 Aeuqivalent Säure. Es würde daher als neutrale phosphorsaure Kalkerde bezeichnet werden müssen, schiene nicht seine Säure einer besonderen Modification anzugehören, welche man Pyrophosphorsäure genannt hat, und welche überhaupt nur 2 Aequivalente Basis sättigen kann. Man hat ihn deshalb auch Pyro-Guanit genannt und eine vulkanische Umgestaltung vorausgesetzt, allein, gestehen wir es nur — seine Bildung ist noch heute ein Räthsel.

Englische Capitalisten hatten sich rasch des guten Fundes bemächtigt, und bereiteten daraus, zum ersten Mal nach grossem Maassstabe, ein reichhaltigeres Superphosphat, welchem sie den Namen „Phospho-Peruvian-Guano“ gaben. Der Peruanische Name bedeutete nichts weiter, als dass der Stickstoffgehalt, der dem Product gegeben wurde, aus Peru-Guano gewonnen war. Später vor dem Andringen urtheilsfähiger Autoritäten musste dieser täuschende Name aufgegeben werden, auch wurde der Stickstoffgehalt, um die Phosphorsäure noch mehr concentriren zu können, oder weil der Peru-Guano für diesen Zweck versagt ward, durch schwefelsaures Ammoniak hineingebracht. Das Fabricat nahm dann den Namen Phospho-Guano an, und behielt aus jener ersten Periode nur den Guanovogel in der Marke und den Namen Guano, der ihm nicht gebührt.

Man nannte theilweise selbst das Rohmaterial Phospho-Guano und fuhr fort dasselbe mit Geheimniss zu umhüllen; man erklärte, nur der erste Import sei aus Monks-Island gekommen, seitdem aber seien andere, an phosphorsaurem

Kalk noch reichere Lager entdeckt worden, man sprach dabei von einer „Gruppe Trapp-Inseln in den Tropen", aber die Geographen wussten von diesen nichts, wenn nicht die Roques-Inseln im hohen Meere von Caracas gemeint waren, deren Guano ähnlich zusammengesetzt ist. Diese Worte verhüllten eigentlich nur den Sachverhalt, dass der Maracaibostein längst erschöpft ist und dass, erst theilweise, dann lauter andere Materialien, beliebige Guanos und Phosphorite an seine Stelle getreten sind.

Der Phospho-Guano ist darnach eben nichts anderes, als ein gewöhnliches Superphosphat mit 16 bis 20 % löslicher Phosphorsäure und 3 % Stickstoff.

Abgesehen von den Hauptfabricanten dieses Productes, welche ursprünglich im Besitze des Maracaibosteins waren, wird aber derselbe irreleitende Name auch von untergeordneten Fabricanten für ihre schlechtere Waare benutzt und den Landleuten beträchtlicher Schaden zugefügt. In den Chemical News schreibt ein Herr William Little zur Warnung: „Neuerlich besuchte ich die Anlagen eines grossen und achtbaren Fabricanten phosphatischer Dünger, der auch schwefelsaures Ammoniak bereitet. Er theilte mir mit, dass er diese beiden Bestandtheile in solchem Verhältniss mische, dass er sie bequem zu 6 Pfd. Sterl. per ton verkaufen könne. Die Mischung aber gehe in ungeheuren Mengen nach Liverpool wo sie mit dem Namen Phospho-Guano getauft, thatsächlich mehr als 100 Meilen bis in die Nähe des Ursprungsortes gesendet, und daselbst zu 12 Pfd. Sterl. per ton verkauft werde." Wenn das schon in England selbst geschieht, wie mag es wohl dem Continent ergehen! Es ist daher alle Ursache, gegen Sendungen fertigen Düngers aus England, besonders gegen den Namen Phospho-Guano die grösste Vorsicht anzuwenden.

Es kommt hinzu, dass es daselbst eine Classe von Chemikern giebt, welche zweierlei Analysen unterscheiden, wissenschaftliche oder Kaufanalysen, und mercantilische oder Verkaufanalysen, und endlich dass bei ungenügender Aufmerksamkeit und Kenntniss der festländischen Käufer die englischen

Analysen für uns einen täuschenden Charakter haben. Statt des Stickstoffes berechnen sie das Ammoniak und statt der löslichen Phosphorsäure theilweise löslichen phosphorsauren Kalk, also das saure Phosphat, theilweise sogar ganz phantastisch, die Menge basisch-phosphorsauren Kalkes, welche löslich geworden. Wie abgeschmackt, und blos auf grosse Zahlen berechnet, dieses Verfahren ist, tritt nirgends deutlicher hervor, als gerade bei dem Phospho-Guano, von dem seine Fabricanten proclamiren, dass er aus zweibasigem Salz gefertigt werde, während die Analytiker welche sie citiren, gleichzeitig verkünden, dass darin

1862	1863	1864	1865	
29,26	39,48	43,48	48,00 %	dreibasiges Salz

löslich geworden sei.

Der Peru-Guano war in seiner Blüthezeit, als 1855 einige Proben Guano von der Bakerinsel nach Amerika gebracht wurden, und 1856 der amerikanische Congress eine Acte erliess, durch welche er diejenigen Personen, die innerhalb des Gürtels von 10° südlich und nördlich des Aequators im stillen Meere zwischen 150 und 180° w. L. v. Gr. Guano finden und ausbeuten würden, unter seinen Schutz stellte. In diesem Gebiete liegt eine Anzahl kleiner nackter Koralleninseln, welche der einzige Zufluchts- und Brüteplatz der Seevögel eines ungeheueren Umkreises sind.

Es gelang sehr bald, nahe dem Aequator, in direct südlicher Richtung von den Sandwichsinseln eine Anzahl solcher Lager aufzufinden. Die grössten und ausgezeichnetsten derselben sind auf der Baker-, der Jarvis-, Howland- und Malden-Insel, demnächst auf Starbuck und Enderbury. Alle zusammen sind niedrige Koralleninseln, deren Riffe als Atolls in rundlichen oder länglichen Umrissen eine innere Lagune umgürten, welche theilweise durch die Bruchstücke des Riffs und den Muschel- und Korallensand seiner Aussenseite aufgefüllt und nachher mit Guano bedeckt sind.

Das Vorkommen des Guano beschränkt sich vollständig auf diese und einige weniger wichtige Inseln in der Nähe des Aequator. In den auf höherer Breite gelegenen Inseln ist

Regen häufig und verschwemmt nicht nur direct den Guano, sondern bewirkt auch, dass sich die Koralleninseln mit Büschen und Bäumen bedecken, und so den Vögeln eine Zuflucht gewähren, welche der Ansammlung nicht günstig ist.

Hier aber haben in und auf dem Guano die Seevögel den einzigen Raum zur Brut, legen ihre Eier äuf die Oberfläche oder in tiefgehöhlte Gänge, und ausser mit ihrem Koth vermehren sie auch hier die Masse durch ihre eigenen todten Leiber, durch Krabben, Fische und Schildkröten die sie den Jungen zutragen, und fallen lassen, oder selbst halbverdaut von sich geben, wenn der Fregattvogel oder eine andere Gefahr sie erschreckt.

Die Haupterzeuger des Guano sind Tölpel, Tropikvögel, Noddis, Seeschwalben, Sturmvögel, Schnepfen und Regenpfeifer. Besonders häufig ist die Seeschwalbe, welche zweimal im Jahre die Inseln besucht, um zu brüten, und dabei ganze Flächen der Inseln dicht bedeckt. Die Noddis, schwarze, langbeschwingte Vögel, von Taubengrösse, graben sich in den Guano ein und brüten dort. Die Tölpel, welche eben so geschickt bei dem Fischfange, und überhaupt auf dem Wasser, als ungeschickt auf dem Lande sind, sitzen in grossen Haufen dicht bei einander, auf dem nackten Guano zu brüten. Diese sind ungeheuere Fresser, und wenn sie vor Schreck ihren Magen entleeren, fallen oft drei oder vier fliegende Fische heraus. Die Tropikvögel, welche die Eier gerne geschützt unter einen Steinblock legen, wohnen deshalb vorzugsweise auf der Howlandinsel, wo Gelegenheit dazu vorhanden ist. Der Fregattvogel, welcher alle anderen jagt, und ihnen, da er selbst nicht taucht, und kaum je das Wasser berührt, die gefangenen Fische entreisst, ist auf der Insel selbst, auf welche auch ihn der Raummangel zum Brüten anweist, ein friedlicher Nachbar, und drängt sich in geschlossene Haufen zusammen.

Auch eine kleine Ratte, welche zu Tausenden auf den Inseln, besonders auf Howland lebend, sich von Eiern und jungen Vögeln nährt, trägt zu der Anhäufung des Guano bei.

Obgleich in dieser Zone der Regen wenig bekannt ist, indem nur einzeln im Laufe des Jahres leichte Regenschauer

fallen, so findet doch eine andere Zersetzung der thierischen Stoffe zu Guano Statt, als auf den peruanischen Küsten.

Die niedrige Lage der Inseln, über welche die Brandung hinstäubt, bewirkt eine Anfeuchtung, und in der brennenden Sonnenhitze, welche Mittags auf 100° Fahrenheit steigt, in dem zehrenden, unaufhörlichen Passatwinde, der beständig aus Osten weht (im Winter etwas nördlicher, im Sommer etwas südlicher), verflüchtigt sich der Stickstoff der faulenden organischen Reste als kohlensaures Ammoniak, oder sinkt als Salpeter, zusammt dem Kochsalze, mit der Feuchtigkeit in die Tiefe.

An der Bakerinsel erscheint das Riff, das bei der Ebbe etwa 500 Fuss weit trocken liegt, mit Sand und Steinen bestreut. Auf ihm ruht der Ringwall von Sand, Muscheln, Korallen und Guano, welcher die ehemalige Lagune, das jetzige Guanolager umschliesst. An der täglichen Fluthgränze beginnt ein langes aber mageres Riedgras zu wachsen, das höher hinauf, an der Böschung des Ringwalles, dichter und dichter wird, und sich mit Mesembryanthemum und Portulak verflicht. Gleich jenseit der Kante des Riffes beginnt das Guanolager, das etwas schüsselförmig vertieft, sonst aber mit ebener Oberfläche erscheint. Umrändert ist es mit Strauchwerk, sonst nackt, und nur, wo zeitweilig die Vögel fehlen, von Portulak überwachsen.

An den Rändern ist es 6 Zoll in der Mitte etwa 5 Fuss mächtig. Das Gesammtareal der Insel beträgt etwa 500 Preuss. Morgen; das Guanolager deckt die halbe Oberfläche.

Die Howland-Insel ist etwa 600 Morgen gross, aber ihr höchster Punkt liegt nur 17 Fuss über dem Riff, und zur Fluthzeit nur 12 Fuss über dem Meere. Ihr Ringwall ist an der Ostseite ein mehrfältiger, das allmählige Wachsthum der Insel bezeichnend. In den Senkungen zwischen diesen Wällen sind kleine Guanolager, das Hauptlager liegt, wie auf der Baker-Insel, in der Mitte, ist aber an einigen Stellen von Sandbänken unterbrochen, an den Rändern 6 Zoll, in der Mitte 4 Fuss mächtig. Es ist ebenso, wo die Vögel fehlen, von Portulak überzogen, ausserdem aber durch die Brandungen mit Bimssteinstücken und Treibholz überstreut.

Auf dem etwa 350 Fuss breiten Ebbestrande der Jarvisinsel liegt weisser Korallensand mit einzelnen colossalen Blöcken verkitteten Korallensteins an der Westseite. Auf der Kante des Riffs thürmen sich diese Blöcke als eine Vormauer des Guano. Der Ringwall erreicht hier eine Höhe von 18 bis 28 Fuss und bildet einen Rücken von wechselnder Breite. Die vormalige Lagunennatur des Innern und die successive Hebung der Insel ist deutlicher als bei den andern beiden Inseln ausgeprägt, denn im Innern sind mehrere parallele Ringwälle vorhanden, und alte Strandlinien bezeichnen den vormaligen Stand des Lagunenwassers. Die Guanofläche ist nur an den Rändern des Ringwalles mit Portulak überwachsen, das eigentliche Innere, welches nur 7 bis 8 Fuss über dem Meeresspiegel liegt, findet sich von Gypsschollen und einem verhärteten Guano, den die Schiffer Clinker nennen, überdeckt. Auch ist der Guano nicht wie in Baker und Howland direct auf den Kalkstein gelagert, sondern es findet sich eine Unterlage von Gyps, krystallinisch und fest, oder weich und breiartig, ein Product des Meerwassers, das seine leichter löslichen Salze die oftmals in der Lagune eingetrocknet sein mögen, wieder auslaugte, während es das Schwerlösliche zurückliess. Eine solche Bildung kann man aus dem Verhalten der nicht weit entlegenen Mac Kean-Insel schliessen. Auch auf ihr ist das Guanolager von Gyps unterteuft, selbst von Gyps durchdrungen, und auf dieser Insel findet es noch heute Statt, dass bei hohen Fluthen das ganze Guanolager zwei Fuss unter Wasser steht, wodurch es dann zugleich mit Korallenschlamm überdeckt wird.

Auch die Maldeninsel ist eine gehobene Lagune, ihr Guano, welcher exportfähig ist, wird nur von den Rändern und von dem Ringwalle genommen, ist daher reichlich mit Korallen übermengt. Das Innere darf nur mit Vorsicht betreten werden, denn der Guanoschlamm gleicht einem aufgeweichten zähen Morastboden, in welchem man untersinkt, und ein starker Geruch nach Schwefelwasserstoff, von der Wechselwirkung der organischen Reste mit dem Gyps herrührend, entwickelt sich aus seiner Tiefe.

Auf der Starbuck-Insel, welche südlich von Malden liegt, sollte nach früheren Berichten die Lagune nur Gyps enthalten und der vermeintliche Guano sich auf 12 % Knochenerde beschränken, doch scheint man später etwas bessere Stellen gefunden zu haben. Die gleichfalls als Guanolagunen angesprochenen, weiter westlich liegenden Inseln Phoenix und Enderbury sind ihrer Natur nach nicht näher bekannt geworden.

Bei einer solchen Lage und Beziehung zum Meere, wie diese Guano-Atolle haben, deren Korallenriff auf unterseeischen Vulkanspitzen fusst, und die dem Meere kürzere oder längere Zeit schon während der Guanobildung Zugang gelassen haben, kann die Entfernung des Stickstoffgehaltes nicht Wunder nehmen.

Auffallend ist nach den gegebenen Erklärungen über die Gypsbildung auch nicht länger der verschiedene Gehalt an Knochenerde, denn derselbe steht in diesen Guanos immer im umgekehrten Verhältniss des Gypsreichthums.

In ausgewählten Mustern führen dieselben folgenden Gehalt:

	phosphors. Kalk.	phosphors. Magnesia.	schwefels. Kalk.	kohlens. Kalk.
Baker	79 %	6 %	4 %	—
Jarvis	33 %	1 %	44 %	—
Howland	75 %	?	?	—
Malden	69 %	?	?	10 %

Leicht bestimmen sich darnach im Allgemeinen ihre Werthe, denn die übrigen Bestandtheile und selbst der Rest des Organischen, in welchem nur Spuren von Stickstoff sich finden, sind werthlos. Es sollten aber doch andere Momente dabei in Betracht kommen. In diesen Guanos ist nämlich, wie in dem Peru-Guano, der phosphorsaure Kalk löslicher als in allen früher geschilderten Gesteinen von gleichem Gehalt. Schon oben sind Vergleichszahlen der Löslichkeit des Baker-Guano gegen Phosphorite gegeben worden. Der Jarvis-Guano ist noch löslicher, weil ein Theil seines phosphorsauren Kalkes nicht basisches, sondern neutrales Salz ist.

Die bis dahin ganz allgemein geübte Weise, jeden Guano im rohen Zustande auf den Acker zu streuen, veranlasste die

Verwendung von Baker und Jarvis, welche gleichzeitig in Handel gebracht wurden, ebenfalls ohne Vorbereitung. Der Baker-Guano ist fast durchweg feinpulverig, licht gelblich-braun mit grösseren weissen Körnchen, die warzenförmig um und um krystallisirt sind und mikroskopischen Krystallen von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia, nur verunreinigt durch taube Wurzelzasern des Portulak. Das Jarvispulver, obgleich scharfkantig und porös unter dem Mikroskop, gleicht ihm doch äusserlich an Feinheit, ist nur stellenweis durch grösseren Gehalt an Portulakwurzeln dunkel gefärbt. Zur Ausstreu schien also dieser Guano besser als jeder andere geeignet.

Die erste Anwendung machten die Amerikaner im eigenen Lande, und zwar fand Jarvis daselbst die meiste Anerkenung.

Bei der Einfuhr nach Europa entschied sich aber sehr schnell das Publicum auf Grund der Analysen, beide Guanos gar nicht als gleichwerthig zu betrachten, und nur den Baker-Guano mit dem geforderten Preise zu bezahlen, welcher natürlich in Anbetracht der weiten Seereise und der grossen Seegefahr, der manche Ladung zum Opfer fiel, den bis dahin bekannten Phosphaten gegenüber, nicht unbedeutend war. Eine eingehende Prüfung des neuen Düngers durch Liebig bewirkte raschen Absatz und schon in den ersten sechziger Jahren wurden in Deutschland jährlich 100,000 Centner consumirt. Mit groser Sorgfalt wurde vollhaltige Waare von mindestens 75 % Gehalt in feingesiebtem Zustande auf den Markt gebracht. Aber die Erfolge entsprachen nicht den gehegten Erwartungen. Das Publikum war bereits an rasch wirkende Düngemittel gewöhnt, und konnte sich nicht mehr entschliessen, die Auslage für eine längere Reihe von Jahren, in welcher erst der Erfolg des Guano sich summiren sollte, auf einmal zu machen.

Um nicht den trefflich angebahnten und werthvollen Handelsartikel fallen zu sehen, musste man daran gehen, den Baker-Guano ebenso wie die steinigen Phosphate aufzuschliessen. Die Feinheit des Pulvers und sein reicher Gehalt begünstigte diese Arbeit, und nach vorhergehendem geeignetem Darren war man im Stande, ein rasch trocknendes, zweckmässig ge-

körntes Superphosphat zu liefern, in welchem 20—22 % löslicher Phosphorsäure vorhanden waren. Bei sehr gleich bleibender Güte eroberte es sich schnell den Markt, und von allen Superphosphaten ohne Stickstoffgehalt blieb es das einzige, welches neben dem Superphosphat des Peru-Guano in allgemeiner Geltung sich erhalten konnte. Aber die Feuchtigkeit in den originalen Lieferungen stieg später über 25 % und drückte dadurch den Gehalt an Knochenerde auf 66 % herab. Durch die in Hamburg vorgenommene Trocknung wurde die Feuchtigkeit auf 12—13 % reducirt, und der Gehalt der Rohwaare künstlich bis auf 75 % angereichert, so dass ein Superphosphat von 20 % löslicher Säure der Standard dieses Artikels wurde.

So gross und reich aber auch das Lager des Baker-Guano war, dem fortwährenden Consum aller Länder konnte es auch nicht Stand halten, und gegenwärtig geht es seiner Erschöpfung entgegen.

Bereits hat man sich genöthigt gesehen, die anderen Inseln tüchtig mit anzugreifen, und heute wird im getrockneten Zustande angeboten

Baker-Guano	mit 75 %	Knochenerde.
Malden-Guano	„ 75 %	
Howland-Guano	„ 70 %	
Jarvis-Guano	„ 50 %	

Nach Hamburg kamen aus diesen Gegenden

	1871:	1872
Baker und Howland	12 Ladungen,	5 Ladungen,
Jarvis	— „	2 „
Malden	4 „	4 „
Starburk	1 „	2 „
Enderbury	1 „	1 „

Im Ganzen 1871: 22,845 tons und 1872: 15732 tons.

Diese Abnahme der Zufuhr ist dem steigenden Bedürfniss gegenüber sehr zu beklagen, und noch schlimmer ist, dass die mehr namenlosen geringeren Sorten, wegen des ungefähr gleichen Habitus und ähnlichen Ursprunges, in zweiter und dritter Hand mit dem geachteten Namen des Baker-Guano getauft werden,

so dass das landwirthschaftliche Publicum, das dessen gleichmässig bleibenden Gehalt schon kennt, über die innere Güte getäuscht wird.

Den Beweis dafür giebt der Umstand, dass, während die Vertreter des Baker-Guano in Deutschland ihre aufgeschlossene Waare noch immer mit 20 % löslicher Phosphorsäure garantiren, in den Controlen der Provinzlager ein Superphosphat dieses Namens oftmals schon mit 16—17 % gefunden wird.

Im Allgemeinen wird man, wie bei dem Peru-Guano, so auch bei dem Baker-Guano, wenn man den Zufuhren aus dem stillen Meere generisch diesen Namen lassen will, nicht blos eine Abnahme der Güte, sondern leider jetzt auch eine Abnahme der Menge wahrnehmen, und mit grösserem und grösserem Ernste tritt dem Landmann die Pflicht entgegen, einerseits entschlossen in der Verwendung der käuflichen Düngemittel vorzugehen, andererseits höchste Sparsamkeit im Zusammenhalten der brauchbaren Düngestoffe des eignen Besitzes zu bewähren.

Als verhärtete Bestandtheile des Peru-Guano findet man die manigfaltigsten ammoniakalischen Salzmischungen in Schollen, welche durch Umhüllungen des Guanostaubes hart und zäh werden. Im Baker-Guano trifft man nur kleine verhärtete Knoten. Der Jarvis-Guano zeigt auf seiner Oberfläche theilweis die erwähnten Clinker oder Schollen, welche den Guanostaub mit dem durch grössere Löslichkeit des Jarvis-Guano sich concentrirenden Gehalte vnn Knochenerde umhüllten. In den Jarvis-Clinkern findet man bis 75 % Knochenerde. Da kann es denn nicht Wunder nehmen, dass, in anderen Gegenden der Erde, wo der auf den Inseln angehäufte Guano gleichfalls seines Stickstoffs beraubt worden, sich die steinartige Verhärtung in grösserem Maassstabe und in verschiedener Weise vollzogen hat.

In dieser Beziehung ist besonders die Inselkette Westindiens bemerkenswerth.

Es ist schon früher die Rede davon gewesen, dass auf einigen Inselchen dieses Archipels wirkliche Guanolager gefunden wurden. Noch in den letzten Monaten ist wieder ein neuer Fundort am Markte aufgetreten, die Insel Curaçao in

der Nähe von Caraccas. Der graue, erdige, mit Pflanzenresten vermischte Guano dieser Insel, mit einem Gehalt von ungefähr 70 % Knochenerde und 7—8 % kohlensaurem Kalk, von dem etwa 10,000 tons vorhanden sein sollen, wird, seiner kleinen Mängel ungeachtet, bei dem jetzigen Stande des Marktes willkommen sein.

Wichtiger erscheinen in diesem Bereiche die verhärteten Guanos, durch welche besonders die Insel Navassa und Sombrero sich ausgezeichnet haben.

Die Insel Navassa, östlich von Jamaica, und südwestlich von Hayti belegen, ist ein Koralleneiland, welches gehoben, ohne jeglichen Strand, mit schroffen Korallenwänden, aus dem Meere aufragt, und streckenweise ganz unterwaschen ist, obgleich ein jüngeres Korallenriff sie wie ein schützender Ring umgiebt.

Die obere Insel besteht aus einem von Palmen und Gummibäumen überwachsenen Plateau, und einer dasselbe umgebenden Terrasse. Ringförmige Riffe unterbrechen die Oberfläche beider, das Ganze sieht aus wie ein gehobenes Atoll ohne Muschel- und Korallengrus. Weil dieses lockere Material fehlt, ist der ehemalige Guano in alle Spalten und Hohlräume des gehobenen Korallenriffes eingedrungen, und dort verhärtet, gleichzeitig mit unzähligen Knochen grosser Eidechsen, der Iguanas. Das Phosphat — denn so muss man es nennen — ist von dunkelbrauner, zum Theil eisenschüssiger Farbe, und die Hauptmasse besteht aus einem oolithischen Gestein, dessen Körner von Rappssaatgrösse, und dessen Bildung vorläufig nicht weiter erklärlich ist, als durch die warzenähnliche Krystallisation, die in dem losen Baker-Guano beobachtet wird.

Die Ausbeutung dieses Phosphates wurde mit grosser Gewalt 1864 begonnen; die in New-York befindliche Compagnie beschäftigte 180 Neger als Arbeiter, und 30 Weisse als Aufseher, und 6 Schiffe lagen beständig an der Insel, zu laden; der Vorrath schien vorläufig unerschöpflich, da er auf 200 Millionen Centner geschätzt wurde. — Allein der Erfolg entsprach auch hier nicht den Erwartungen. Obgleich durch einen sehr nor-

malen Gehalt von 65 % Knochenerde ausgezeichnet, war die Arbeit des Aufschliessens der gemahlenen Phosphate doch sehr schwierig, der Dünger blieb weich und klumpig, wenn nicht andere Zusätze ihn verbesserten. Was aber noch viel schlimmer erschien, war der Gehalt an Eisenoxyd und Thonerde, welcher 14—15 % beträgt, ohne dass man sich über dessen Ursprung theoretische Auskunft geben kann. Statt der erwarteten 16—17 % löslicher Phosphorsäure erreichte man mit Hülfe von Knochenkohle doch nur 12—13, weil ein evidentes Zurückgeben stattfand. Daher trat denn der Felsenguano von Navassa sehr bald in dasselbe Niveau wie die Lahnphosphorite, und musste vom deutschen, ja vielleicht ganz vom europäischen Markte verschwinden, vielleicht einer späteren, mehr bedürftigen Zeit seine Vorräthe bewahrend.

Besser erging es dem Felsenguano von Sombrero, welcher eine Zeit lang zu den besten Materialien der Düngerfabrication gezählt wurde.

Die kleine Insel Sombrero, eine der Leeward-Inseln des caraibischen Meeres, etwa 60 englische Meilen östlich von den dänisch-westindischen Inseln, und eben so weit von Guadeloupe war, obgleich schon seit 1814 bekannt, wegen ihrer nackten Felswände nicht weiter beachtet. In der Guanosuche zog gerade diese Beschaffenheit die Amerikaner an, welche die phosphatische Natur des Gesteins erkannten, und eine Ausbeutung begannen. Im Anfang schien zwischen England und Amerika ein Streit über das Eigenthum an der Insel ausbrechen zu wollen, doch steht sie jetzt seit 1858 in Ausbeute. Diese ist manches Jahr hindurch sehr beträchtlich gewesen, da das Gestein im rohen Zustande zur Befruchtung des Bodens in den Südstaaten gebraucht wurde.

Die Berichte über die Beschaffenheit des anstehenden Gesteins sind voll von Widersprüchen, wie kaum über irgend ein anderes Gestein, und aus den Schiffsladungen desselben kann man jede der widersprechenden Aussagen mit zahlreichen Handstücken belegen.

Die Wahrheit, aus den Widersprüchen hervorgeschält, dürfte etwa in folgende Beschreibung sich zusammenfassen

lassen: Das Hauptgestein ist ein, von Muscheln und Knochen erfüllter, palagonitischer, aus Vulcaneruptionen durch das Meer zusammengetragener Tuff mit bedeutendem Gehalt an Phosphorsäure, unterbrochen durch sehr mächtige Dämme eines festeren lichten Phosphatgesteins, hellroth, grau, gelblich, grün, schmutzigweiss von Farbe. Diese mächtigen Dämme, gebogen und in ihrer Lage wechselnd, werden dadurch erkannt als Spaltausfüllungen von oben her, als wirkliche Knochenbreccien, denen aber massenhaft ein gebleichter Guano beigemengt ist, und die mit diesem zusammen verhärteten. Beide Gesteine deckt oberflächlich ein kieseliger Tuff, auf welchem verkieselte Baumstämme und ungeheure Blöcke korallenreichen Gesteins liegen, welches gleichfalls von Phosphorsäure durchdrungen ist. Es würde nur ein Phantasiegemälde sein, wollte man die Entstehungsgeschichte dieses Gebildes im Einzelnen skizziren.

Zu bedenken ist immer, dass die Korallen von Natur schon reich an Phosphorsäure sind, und dass jede Beseitigung des kohlensauren Kalkes aus ihnen eine Anreicherung der Phosphorsäure bewirkt: Poriten und Asträen führen bis 2 %, Madreporen bis 1 % Phosphorsäure; ihre Pseudomorphosen im Sombrerofels bestehen fast nur aus Knochenerde.

Wie nun auch die Entstehung zu denken sei, die gesonderte und in den Handel gebrachte Waare lieferte Jahre lang ein vortreffliches Material mit 75—80 % Knochenerde und etwa 10 % kohlensaurem Kalk bei 2 % Eisenoxyd und Thonerde. In den ersten Anpreisungen hiess es, man könne Superphosphate, von 25 % löslicher Säure liefern, später hiess es 17—20. Gegenwärtig ist man mit noch weniger zufrieden. Nachdem man früher ausschliesslich über dem Meeresspiegel gefördert, musste man nachher unter dem Meeresspiegel brechen und durch grosse Pumpwerke die Steinbrüche wasserfrei halten. Dadurch wurde nicht blos die Arbeit theurer, sondern die Qualität verschlechterte sich wesentlich, die Ladungen ergaben nur noch 64 %, und was noch schlimmer war, nicht blos der kohlensaure Kalk stieg auf 15—20 %, sondern auch der Eisengehalt war im Zunehmen. Dazu kam, dass die Gesellschaft, welche

1865 den Betrieb übernommen hatte, zu geringes Capital besass und schon 1870 den Betrieb und ihre Zahlungen einstellen musste. Der Liquidator dieser Gesellschaft machte indess für die Masse sehr gute Geschäfte, und das war der Anlass, dass sich 1871 die neue Sombrero-Phosphate-Company constituirte, die Baulichkeiten und Vorräthe kaufte, und die Insel auf 15 Jahre für 1000 Pfd. Strl. jährlich von der Krone pachtete, um die noch dort befindlichen 700,000 tons Felsenguano auszubeuten. Es wird jetzt unter Wasser gebrochen, der Stein durch Taucher herausgeholt, sorgfältig geklaubt und geschieden, und monatlich werden ungefähr 800 tons fertig gestellt, allein, obgleich die Preise höher gegangen, hat doch auch die neue Gesellschaft mit Verlust gearbeitet, und es bleibt zweifelhalft, wie lange hier noch Waare wird geliefert werden. Es kommt für diese wie für alle westindischen Abladungen wohl sehr in Betracht, dass von September bis Januar der Witterung wegen die Verschiffung ausgesetzt werden muss, dass die Schiffe um der Riffe willen ziemlich entfernt ankern und durch Leichterfahrzeuge beladen werden müssen, welche selbst oft wochenlang nicht gegen das Wetter ankämpfen können. So leiden die Schiffe in höchst gefährlicher Ankerung unter einer langen und unregelmässigen Ladezeit, müssen hohe Fracht und Versicherung bedingen und drücken dadurch den erwarteten Gewinn herunter.

Eine Besserung und Steigerung der Zufuhren ist also auch von dieser Seite nicht zu erwarten, und daher muss es als ein sehr günstiges Ereigniss bezeichnet werden, dass gleichzeitig mit dem allmählichen Schwinden aller vier Materialien für hochgradige Superphosphate, nämlich Knochenasche, Estremadurastein, Baker-Guano und Sombrerit, zum Ersatze derselben ein neues Rohmaterial auf dem Markte, erscheint der Guano von Mejillones.

Von der kurzen, kaum 25 Meilen langen, fast meridional verlaufenden Felsenküste, welche der Continentalstaat Bolivia zwischen den langen Küstenstrecken Peru's und Chile's mühsam errungen, springt eine, etwa 10 Meilen lange Strecke unter dem Wendekreis des Steinbocks fast 3 Meilen weit in das

Meer hinaus, und beschirmt mit ihrer etwas verlängerten äusseren Felsenküste im Süden die Bai von Moreno, im Norden die von Mejillones.

Die letztgenannte Bai, völlig geschützt vor den Winden und vor der grossen Meeresströmung durch den Vorsprung der Halbinsel Leading Bluff, den nach dem Meere zu noch Felseninseln umgeben, öffnet ihre Einsegelung unter 23° s. Br. und bildet einen vortrefflichen Hafen, in welchem gegenwärtig, unmittelbar an dem Molo, die Schiffe mit Guano beladen werden.

Die Gegend ist sonst eigentlich unbewohnbar. Heftige Winde, Regenlosigkeit, Morgennebel bis 10 Uhr, und dann ausserordentliche Hitze aus den, niemals durch eine Wolke gemilderten Sonnenstrahlen, ein sandiger und felsiger Boden, ohne jegliche Vegetation, und der vollständige Mangel an Trinkwasser, werden diesen Ausspruch rechtfertigen. Die Bewohner der kleinen Hafenstadt, deren Zahl früher sehr gering war — in der Nähe wurden Kupfergruben bearbeitet — und welche erst durch den Guanoverkehr wächst, erhalten ihre Nahrungsmittel durch die pacifischen Dampfer, welche hier einkehren und Kohlenlager haben, und gewinnen ihr Trinkwasser durch Destillation.

Die gewaltige Felsen-Halbinsel, durchschnittlich 1000 bis 1200Fuss hoch, erscheint oben als eine muldenförmige Sandebene; nur der Vorsprung derselben, welcher die Bai schützt, hat höhere Berge, zunächst westlich von der Stadt einen von 1500 Fuss, und dann nördlich von diesem den Hauptkörper des Felsenhornes bildend, den Morro de Mejillones 2600 Fuss hoch. Am Abhange dieses Berges gegen die Bai befindet sich das grosse Guanolager. Ein langer Weg, welcher den erstgenannten Berg vermeidet, führt von der Stadt dahin.

Das Hauptlager ist etwa 1700 Fuss über dem Meeresspiegel an den unregelmässigen Abhängen des Berges befindlich und an manchen Stellen 40 Fuss mächtig, ein weiter nördlich, bei Las Tetas vorfindliches Lager ist noch nicht untersucht.

Die Berichte über die vorhandenen Mengen lauten ausserordentlich verschieden. Der Verfasser hat Gelegenheit gehabt, Briefe von englischen und deutschen Ingenieuren zu lesen, welche im Interesse des Handels ausgesandt waren, und darf darnach nicht zweifeln, dass Millionen tons vorräthig sind. Die officiellen Angaben lauten von 2—4 Millionen tons, Berichte von anderen Seiten, welche vielleicht darnach streben, den Werth der Waare zu erhöhen, stellen die Vorräthe wesentlich kleiner dar, und verbreiten die Meinung, dass sie in wenigen Jahren erschöpft sein werden.

Von dem Guanolager ist mit grosser Mühe durch die Klüfte des Gebirges ein guter Pfad nach der Einschiffungs-Werfte gebaut. Etwa eine englische Meile von den Guanogruben theilt sich der Weg, dessen einer Arm sehr steil nach der Hafenmole hinuntergeht, während der andere Weg nach einem Pavillon am Rande des Felsplateaus führt, von wo der Guano, den man in Säcken aus der Grube bringt, ebenfalls in Säcken durch einen 700 Fuss langen Sturzkasten zu einem Speicher am Anfange der Guanomole hinabsaust. Zweihundert tons täglich können auf diese Weise zur Verladung gebracht werden.

Auf der Caleta unten wohnen die Arbeiter, die Aufseher der Exporteure, die Regierungsbeamten. Die Letzteren verwiegen den Guano, dann wird er auf Schienen an das andere Ende der Mole gebracht und dort in das Schiff gestürzt. Der Guano zeigt unter einer kleinen Decke von Sand und Steinen eine ausserordentlich gleichmässige Beschaffenheit, nur dass er nach unten hin weniger hygroskopische Feuchtigkeit und mehr Stickstoff enthält. Mit Ausnahme der fünf ersten, sehr geringen Ladungen, welche daselbst abgingen, hat man bei den Analysen in der Regel über 75—81 % Knochenerde und fast 1 % Stickstoff gefunden, und die analytischen Resultate werden zusehends günstiger.

Nach Hamburg kamen 1871 nur 5 Ladungen mit 70—76 %, 1872 aber bis Ende October schon 14 Ladungen von 73—79,3 % Knochenerde, im ganzen Durchschnitt 78 % haltend.

Der Mejillones-Guano ist von einer leuchtend rostgelben schönen Ockerfarbe, und kann leicht für sehr eisenhaltig angesehen werden. Aber alle Analysen ohne Ausnahme haben Eisenoxyd nur in Zehnteln, Thonerde sogar nur in Hunderteln eines Procentes ergeben, beide schon an Phosphorsäure gebunden.

Der Guano besteht zu drei Viertheilen aus Pulver und nur ein Viertheil desselben aus kleinen Knollen. Sein Pulver ist im höchsten Grade feinmehlig und leicht in Wasser suspendirbar. Während bei einer Abschlämmung aus dem Baker-Guano die warzigen Körner in grosser Menge zu Boden sinken, bleibt der Mejillones fast ganz suspendirt. Im trocknen Zustande erscheint dies Pulver ebenfalls ausserordentlich leicht, und stäubt durch die Luft. Man traut dem Phosphate selbst kaum eine so feine Vertheilung zu, und erwartet mit Bestimmtheit einen grossen Gehalt an organischer Substanz, wird aber überrascht, sogar weniger als bei dem Baker-Guano nämlich nur 6—7 %, zu finden, während jener 8—10 % enthält. Dessen ungeachtet ist der Stickstoffgehalt des Mejillones doch grösser. Er lässt sich leicht durch das, mittelst Alkalien entwickelte Ammoniak gewahren. Ein kleiner Theil desselben ist als Ammoniaksalz vorhanden, ein grösserer ist noch inhärirender Bestandtheil des Organischen. Theilweise ist aber auch der Stickstoff als Magnesiasalpeter neben Kochsalz, Bittersalz und Gyps in dem wässerigen Auszuge des Guano zu finden.

Die festen Knollen, welche man, nebst einigen wenigen scharfkantigen Granitbrocken, aus dem feinen Guanomehl absiebt, sind nur schwach verhärtet und zerfallen unter dem Druck des Fingers in denselben Staub, einige wirkliche Concretionen sind weiss von Farbe, etwas reicher an kohlensaurem Kalk, aber auch an phosphorsaurer Magnesia.

Die ausgezeichnete Analyse der Herren Fresenius und Neubauer, welche veröffentlicht wurde, ergiebt, dass, wie in dem besten Maracaibostein, mehr Phosphorsäure vorhanden ist, als zur Verwandlung der vorhandenen Kalkerde in Knochenerde erforderlich wäre. Der Rest der Säure ist als zweibasiges oder neutrales

Magnesiasalz, mithin in einem wasserhaltigen, viel leichter löslichen Zustande vorhanden, ähnlich wie in dem sonst so geringhaltigen Jarvis-Guano.

Die genannten Analytiker berechnen ungefähr $60\frac{1}{2}\%$ Knochenerde und 18% neutrale phosphorsaure Magnesia. Dadurch erklären sich leicht die günstigen Resultate, welche stellenweise bei Anwendung dieses Guano im rohen Zustande erzielt wurden, und die einstimmige Ansicht der deutschen, englischen amerikanischen und französischen Chemiker, dass, wenn irgend ein natürliches Phosphat im rohen Zustande angewendet werden solle, dieses vor allen den Vorzug verdiene. Die Franzosen haben nachgewiesen, dass es löslicher ist, als die von ihnen so viel gebrauchte Knochenkohle.

Die Entstehungsweise dieses Guano ist nach der Kenntniss der früher abgehandelten Lagerstätten zu beurtheilen. Seine Belegenheit reiht ihn unbedingt den Peru-Guanos an, unter denen er der stickstoffärmste und phosphorsäurereichste ist. Er erscheint dadurch als das Hauptbeispiel eines ausgelaugten Guano, und zeigt, auf welche Weise, durch das Schwinden des stickstoffhaltigen organischen Bestandtheiles, sich die phosphorsauren Salze concentriren. Bei der Regenlosigkeit des Klima und den anderen Thatsachen der Belegenheit kann der Verfasser seine, anderswo ausgesprochene, Meinung, dass das Regenwasser die Auslaugung verschulde, nicht aufrecht halten. Die vielfachen vulkanischen Erschütterungen dieses Küstenstriches, der die Beispiele der grössten historisch bekannten Hebungen und Senkungen liefert, gestatten die Annahme, dass auch diesen Guano, wie den Baker und Jarvis, eine zeitweilige Berührung des Meerwassers umwandelte, denn seine jetzige Lagerstätte war eine Felseninsel mitten im Meere, als sich die grosse Fläche der Halbinsel Mejillones mit jenen Massen von Meeressand bedeckte, der oben liegt und nur in einem flachen Küstenmeer sich sammeln konnte.

Bei einem so vorzüglichen, die besten bisher gangbaren reichen Phosphate in der chemischen Zusammensetzung und den meisten anderen Eigenschaften für Düngerzwecke, besonders

aber in der mechanischen Zertheilung übertreffenden Guano entsteht natürlich die Frage, warum derselbe erst jetzt auf dem Markt erscheint, da er doch so nahe der Küste belegen und so bequem zu verschiffen ist?

Man könnte glauben, es sei eine Folge des Zurückhaltens, um bei dem eingetretenen Mangel hochgradiger Phosphate höhere Preise zu bedingen. In der That aber ist es einfach die Folge politischer und commerzieller Differenzen.

Das Nähere über die erste Entdeckung des Lagers ist nicht bekannt. Was früher als bolivischer Guano in den Handel kam, stammte von Paquique in der Nähe der Peruanischen Gränze. Mejillones ward, wahrscheinlich auch nach seiner Entdeckung, noch eine Zeit lang versäumt wegen seiner unbequemen Höhenlage, obgleich man das Lager für noch werthvoller hielt, als es ist. Man hielt den Inhalt desselben für einen reichen Stickstoffguano, man beurtheilte ihn nach den Guanos, welche in der Nachbarschaft des Lagers auf der Oberfläche der Felsen zusammengekehrt waren, man schloss sogar, als die Ausbeutuug beginnen sollte, noch grosse Contracte ab, indem man sich verpflichtete, zwei Dritttheile reichen Stickstoffguano abzuliefern, und als bereits alle Welt überzeugt war, dass der Werth des Lagers in seinem Reichthum an Phosphorsäure stecke, suchte der Baron von Rivière, welcher das Verdienst hat, die Ausbeutung angebahnt zu haben, noch auf allen Vorbergen und Klippen, in allen Schluchten das vielgenannte grosse Lager von Stickstoffguano, das nicht vorhanden war.

Seit 1842 war überdies die in Rede stehende Küste ein Object des Streites zwischen Bolivia und Chile. Letzteres unterstützte sogar seine Ansprüche durch Kriegsdrohungen und eine vor Mejillones erscheinende Flotte. In dem Bundestractat von 1866, welcher endlich die Grenze beider Staaten festsetzte, wurde aber bestimmt, dass der Hauptschatz dieser ganzen Küste, das grosse Guanolager, auf halbschiedlichen Gewinn beider Staaten ausgebeutet werden solle.

Wenn neuerdings der Flibustierzug des Generals Quevedo dieselbe Küste abermals für Chile zu erobern suchte, so dürfte

vielleicht mehr die neue Silbergrube von Caracoles, als das Guanolager die Motive abgegeben haben. Jedenfalls ist der Streich misslungen, der Abenteurer vom Staate Chile desavouirt, und der gemeinschaftliche Besitz des Mejillones-Guano von Neuem anerkannt.

Der oben genannte Baron Rivière war es, welcher bewirkte, dass L. Arman der einzige Concessionär der Ausbeutung des Lagers wurde, und die erste Schiffsladung an Albert Arman in Bordeaux mit dem Schiffe Pérou expedirte. Die ersten fünf Ladungen, von der Oberfläche stammend, fielen recht mässig aus, und die übrigen Schwierigkeiten, die der Einführung eines neuen Düngers entgegenstehen, sich steigernd, da der Guano als Stickstoffguano angemeldet war, bewirkten bald, dass die Herren Arman ihre Verpflichtungen nicht erfüllen konnten. Eine von ihnen vorgeschlagene französische Actien-Gesellschaft, welche die Contracte übernehmen wollte, wurde von den Regierungen beider Republiken nicht acceptirt.

So gelang es einem vielgenannten Eisenbahn- und Bauunternehmer jener Gegenden, Herrn Meiggs, die erste Ausbeutung von 400,000 tons zu contrahiren, welche er schon bald nachher an eine Gesellschaft peruanischer Capitalisten mit grossem Gewinn übertrug, und Mitte 1870 begann die regelrechte Ausbeutung.

Wie bei der ersten Einführung des Baker-Guano, so ist auch bei dem Mejillones-Guano das Hauptaugenmerk der Eigenthümer dahin gegangen, denselben im natürlichen, gesiebten Zustande als Dünger angewandt zu sehen, und auch die Landwirthe würden, wenn dies thunlich wäre, ein solches Ereigniss mit besonderer Freude begrüssen. Allein vestigia terrent. Der Baker-Guano hätte seine Laufbahn frühe beschlossen, wenn man auf diesem Streben hätte beharren und das Aufschliessen ersparen wollen. Der Verfasser hat sich bereits bei Gelegenheit der Lahnphosphorite über diesen Gegenstand ausgesprochen, und über diejenigen günstigen Bedingungen, unter denen grössere Unternehmungen dieser Art mit sehr billigen Phosphaten zulässig erscheinen.

Bei theuren und hochgradigen Phosphaten ist grössere Vorsicht vonnöthen, zumal die Haidedistricte, welche zu solcher Düngung empfohlen wurden, die Mittel zum Ankauf nicht liefern können.

Mit den harten, widerständigen Lahnphosphoriten ist nun freilich der Mejillones-Guano durchaus nicht zu vergleichen, und selbst der Baker-Guano, dessen Phosphate im Kleinen krystallisirt sind, steht in dieser Beziehung weit hinter dem staubigen und in jedem Stäubchen noch porösen Mejillones-Guano zurück, allein doch dürfte erst eine lange Reihe sicherer, mit grossem Erfolg gekrönter Versuche den Landleuten die angenehme Nachricht verbürgen, dass nun ein reiches Phosphat gefunden sei, welches auch auf dem gewöhnlichen guten Acker, entweder frei ausgestreut, oder durch Stallmist und Compost verbreitet, seine volle Wirkung thue.

Grund genug zur Vermuthung ist vorhanden, aber die Vermuthung ist noch nicht Grund genug zur Empfehlung.

Die nachgewiesene Menge der Säure, welche mit Magnesia wasserhaltig verbunden, und in gleicher Verfassung ist, wie die sogenannte zurückgegangene oder aufgeschlossene Säure in den Lahn-Superphosphaten, die Zertheilung und Porosität, welche grösser ist, als in irgend einem anderen Rohmaterial, können doch, ohne den Beweis aus der Praxis, zu nichts weiter berechtigen, als zu dem oben bereits gezogenen Schlusse, dass wenn irgend ein natürliches Phosphat zu solcher Anwendung dienen kann, der Mejillones dabei allen anderen vorangeht.

So lange dies nicht entschieden ist, bleibt der Mejillones-Guano berufen, die Forderung der grossen Fabriken und des Grossbetriebes der Landwirthschaft nach Herstellung eines hochgradigen Superphosphates zu befriedigen und auf längere Zeit zu sichern, wenn die anderen Quellen solcher Materialien nach und nach versiegen. Vielleicht würde der Mejillones-Guano bereits seine volle Wirkung thun, wenn nur drei Viertel seines Gehaltes durch Schwefelsäure aufgeschlossen würden, da ein so grosser Theil seiner Säure schon in dem Zustande der sogenannten zurückgegangenen Phosphorsäure befindlich ist, allein

weder zeigen sich die Fabricanten geneigt, das von den Lahnphosphoriten in Anspruch genommene beneficium flebile einer, über den Werth gehenden, Taxe zu fordern, noch ist bis jetzt der gebildete Landwirth, welcher die hochgradigen Superphosphate gebraucht, Willens, eine solche Concession zu machen. Es wird vielmehr allseitig verlangt, dass der Mejillones, gleich dem Baker-Guano in seiner besten Zeit, weil sein Gehalt dazu berechtigt, ein reelles 20procentiges Superphosphat liefere.

Hierbei tritt in der, durch die Grossindustrie gebotenen, Verwendung von Kammersäure an dem ungetrockneten Mejillones-Guano eine Schwierigkeit ein, welche bei dem ungetrockneten Baker, der freilich keine 20 % liefert, sich nicht gezeigt hat. Es wird nämlich nach den gewöhnlichen Zubereitungsmethoden das Fabricat feuchter, als dass es mit der Säemaschine könnte gestreut werden. Vielleicht ist der gebundene Wassergehaltt des Magnesiasalzes die Ursache, vielleicht die Mildigkeit und Plasticität des befeuchteten organischen Bestandtheils. Bei der Neuheit des Gegenstandes wird es gestattet sein, diesen Punkt etwas specieller ins Auge zu fassen.

Der Verfasser hat, um diese letztere Ursache aufzuheben, eine chemische Veränderung des organischen Stoffes, der sich auch durch die concentrirte Schwefelsäure nicht schwärzt, versucht und hat dabei günstige Resultate erzielt. Bei dem gewöhnlichen Verfahren, wo in das, den Gefässen entsprechende, Quantum Kammersäure die nach den jedesmaligen Analysen berechnete Menge Guano auf einmal geschüttet und dann gerührt wird, setzt der Verfasser 1 % des angewandten Guanos Chilisalpeter hinzu. Durch die sich entwickelnde salpetrige Salpetersäure wird der organische Stoff in seiner Farbe, also in seinem chemischen Bestand verändert, und das ganz flüssige Aufbrodeln der Mischung, welches beinahe das mechanische Umrühren überflüssig macht, lässt eine ziemlich starke Kohlensäurebildung annehmen. Die Mischung wird rasch unter den Händen pulverig und trocken, lässt sich nach einer halben Stunde über das Sieb werfen, und drei Viertel des Quantums

fallen ohne mechanische Zerkleinerung durch die Maschen desselben. Bei Versuchen in den grösseren Fabriken mit mechanischen Rührwerken gelingt die Arbeit nicht, sondern die zusammen geknetete Masse wird dann weich und kleberig.

Diesem Uebelstande abzuhelfen, hat Herr Dr. Pieper, früher Vorstand der Versuchsstation in Cappeln, jetzt beeidigter Handelschemiker in Hamburg, ein im Laboratorium festgestelltes Verfahren auf der Fabrik des Verfassers mit günstigem Erfolg im Grossen ausgeübt.

Zu der im Rührbottich befindlichen Säure schüttet er zuerst die Hälfte des berechneten Guano und rührt zu Brei, darnach ein Viertel, das den Brei consistenter macht, und erst nach einiger Zeit das letzte Viertel, durch welches schnell ein pulveriger und trockener Zustand entsteht, indem die poröse Masse des Guano dem vorhandenen Brei die noch flüssige Säure kräftig entzieht.

Nach einer Stunde ist das Pulver so trocken, dass es gesiebt werden kann, und ungefähr zwei Dritttheile fallen durch das Sieb. Diese, im Grossen leicht ausführbare Methode wird wahrscheinlich alle Fabricanten befriedigen, denen das Product nicht trocken genug werden wollte. Die Berechnung der nöthigen Schwefelsäuremenge ist einfach, da nur wenig kohlensaurer Kalk und Kochsalz und gar kein Fluorcalcium vorhanden ist. Ein Zurückgehen des Fabricates findet in keinem Falle Statt, und sollten selbst 1—2 % der Schwefelsäure nach der Verarbeitung noch frei sein, so ist mit Sicherheit darauf zu rechnen, dass in Folge der Porosität die Aufschliessung sich in dem Haufen vollzieht.

Als Landwirth und als Düngerfabricant ist aber der Verfasser der Ansicht, dass die Praxis rücksichtlich dieses Materiales vielleicht bald eine andere werden wird. Man wird vermuthlich bei dem Mejillones-Guano dahin geführt werden, Schwefelsäure zu sparen, und wie bei dem aufgeschlossenen Knochenmehl eine nur halb aufgeschlossene Waare liefern, oder verschiedene Stufen des Aufschliessens einführen, um bei gleichem Preise eine grössere Menge von Gesammphtosphorsäure zu ver-

wenden. Dieses Verfahren hält der Verfasser für richtiger, als eine ausgedehnte Anwendung im rohen Zustande. Die nachgewiesene Menge der mit Magnesia und Wasser verbundenen Säure gestattet es, einen Theil der lösenden Thätigkeit den natürlichen Agentien in der Berührungsfläche des Ackerbodens und der Luft zu überlassen, nicht blos auf den humosen, sondern auch auf sandigen oder lehmigen Ländereien. Möchten hiefür bald ausgedehnte Versuche gemacht und aufgezeichnet werden.

Das Knochenmehl und die ihm verwandten Düngemittel, Fischguano jeder Art, Wallfisch-, Robben- und Granatguano bedürfen gleich dem Peru-Guano wegen ihrer stickstoffhaltigen Bestandtheile nicht nothwendig einer Aufschliessung durch Schwefelsäure, damit ihre Phosphorsäure wirksam werde. Es darf dieses als ein Fingerzeig dienen, auf welche Weise der halbaufgeschlossene Mejillones-Guano zu noch höherer Wirksamkeit gebracht werden kann.

Ohnehin ist es Bedürfniss, den Superphosphaten, und besonders den hochgradigen, falls man sie nicht mit Peru-Guano gleichzeitig verwendet, eine gewisse Menge Stickstoff zuzusetzen, welche aber nicht als Salpetersäure vorhanden sein kann und darf. Hierzu wurde früher fast nur Stickstoffguano verbraucht. Seitdem aber dieser selbst in aufgeschlossener Form auf den Markt kommt, hat man sich dazu, soweit der Vorrath reichen will, des schwefelsauren Ammoniaks bedient. Die Production desselben ist aber lange nicht genügend. Der Verfasser hat dies, gestützt auf überschlägliche Berechnungen, schon anderswo ausgesprochen, man hat ihn in einem schlesischen Blatte mit Phantasiezahlen — denn statistische Zahlen giebt es hierüber nicht — zu widerlegen gesucht. Er bleibt bei seiner Behauptung auf Grund seiner Erfahrungen. Er hat überdies gewarnt vor den gefährlichen Rhodanverbindungen in dem schwefelsauren Ammoniak mancher Gasfabriken. Man hat ihn darüber in einigen Blättern verspottet. Nun ist durch Schumanns Mittheilungen bekannt geworden, dass ein käufliches sogenanntes schwefelsaures Ammoniak mit 30% Stickstoff nur 15% schwefelsaures Ammoniak und daneben 74% Rhodanammonium ent-

hielt, welches, den Superphosphaten beigefügt, die schädlichsten Wirkungen zeigte. Es wird nun wohl auch die Warnung des Verfassers vor solcher Waare geduldet werden können. Wie dem aber auch sei, und selbst wenn gutes schwefelsaures Ammoniak in ausreichender Menge vorhanden wäre, so müsste man doch mit Rücksicht auf die abnehmende Menge des Peru-Guano darauf hinarbeiten, dass die stickstoffhaltigen Abfälle des Menschenverkehrs sorgfältig gesammelt und verarbeitet würden. Es sollen hier weder die Kloaken nochdie Sammelplätze des Urins aufden Strassen der Städte besprochen werden, welche schon ohnehin mehr ein Gegenstand des Redens als des Handelns sind, es soll nur daran gemahnt werden, dass im Vergleich zu den ausserordentlichen Massen von Wolle und Leder, welche der Handel alljährlich frisch auf den Markt bringt, ausserordentlich wenig des verbrauchten Materials den Düngerfabriken zu Gute kommt, also verzettelt oder verloren und höchstens in unbrauchbarer Verfassung dem Dünger beigemischt wird. Diese Materialien und andere ähnliche Stickstoffabfälle des Menschenverkehrs bedürfen nachgerade einer eben so sorgfältigen Sammlung als die Knochen, und sie sind, in entsprechender Weise zu löslichen Producten gestaltet, die beste Stickstoffbeimischung für die Superphosphate; ihre Verarbeitung ist eine Aufgabe für den denkenden Düngerfabricanten; einen Zusatz von schwefelsaurem Ammoniak, welches trefflich als Reserve dient, kann im Nothfalle der Landmann eben so leicht ausführen, als er die Salpeterdüngung ohne Weiteres bewirkt.

Die rationellste Weise, wie diese Abfälle dem Dünger einverleibt werden, und welche der Verfasser seit vierzehn Jahren geübt hat, nämlich das Aufschliessen derselben in derjenigen Schwefelsäure, welche zum Aufschliessen der Phosphate dienen soll, wird auch auf der grossen Fabrik zu Oranienburg in ausgedehntem Maasse in Anwendung gebracht. Den Düngerfabricanten wird diese Methode eben so sehr empfohlen, als den Landleuten die damit erzeugte Waare. Die gebildeten flüssigen, also aufgelösten, Producte, welche wohl schwer zu specificiren und zu nennen sein möchten, vertheilen sich durch die, das

Superphosphat erzeugende, Schwefelsäure so vollständig als nur möglich, werden bei der Gypsbildung von der Schwefelsäure ausgeschieden, und befinden sich also gerade in derjenigen feinvertheilten Form, welche den Pflanzenwurzeln zusagt und ihnen eine stetige Stickstoffnahrung statt der überstürzten darbietet. Wie sich diese Producte im Boden verwandeln oder zersetzen, das wagt der Verfasser nicht darzustellen, das wird nur gelegentlich, wenn die Methode allgemeiner geworden, ein sinnreicher Analytiker uns sagen können; allein dass diese Dünger sich in den Erfolgen vor anderen, gar zu sehr salinischen, auszeichnen, das hat ihn eine vieljährige Praxis gelehrt. Er nimmt indessen gerade hier, da eben der Mejillones-Guano abgehandelt wurde, vorzugsweise Gelegenheit, seine Ansicht darüber vorzutragen, weil sowohl in dem ganz aufgeschlossenen, als noch mehr in dem, nach seinem Vorschlage theilweise aufgeschlossenen Mejillones-Guano diese saure Hornstofflösung von besonders guter Wirkung sein muss, 1) weil ihre Vertheilung durch die Poren des Guanos, in welche die Flüssigkeit dringt, noch grösser wird, 2) weil die Zersetzung dieser noch thätigen Stickstoffverbindungen dann auf die Lösung des theilweise aufgeschlossenen Guano in jedem kleinsten Theile hinwirkt, 3) weil die durch schleimige Stickstoffverbindungen oft minder energische Schwefelsäure, welche bei harten, nicht porösen Phosphoriten ihren Dienst zur Aufschliessung versagt, in dem weichen porösen, leicht zu zersetzenden Guano, besonders vollkommen wirken dürfte.

Es könnte scheinen, als ob ein Theil dieser Arbeit, welche hier jetzt dem landwirthschaftlichen Publicum übergeben wird, obgleich der Verfasser sich bemüht hat, allgemein verständlich zu bleiben, mehr für den Düngerfabricanten als für den Landmann geschrieben wäre. Allein dem ist nicht so. Der fortgeschrittene Stand der Agriculturchemie, namentlich in Deutschland, und die Verbreitung chemischer Kenntnisse im Kreise der Landleute, machen es zulässig, eine Thatsache wie die von dem Kreislauf der Phosphorsäure mit den daran sich knüpfenden praktischen Fragen über den Ersatz der fehlenden,

vor einem Publicum von Landwirthen zu besprechen: Für keinen Stand von Praktikern ist, wenn man Specialfabricanten ausnimmt, das chemische Wissen so unentbehrlich, als für den Landmann. Die Umwandlung der Stoffe und ihre Umsetzung in andere Verbindungen, welche der Chemiker selbst nur in seinem Kolben und Tiegel zu beachten und zu leiten hat, muss der Landmann beachten und leiten in dem viel zarteren und durch organische Kräfte modificirten Instrumente des thierischen und pflanzlichen Körpers, oder wenigstens in dem unter den verschiedensten Einflüssen stehenden, höchst verschieden zusammengesetzten Boden. Er hat die Aufgabe, ein ihm anvertrautes Capital von Stoffen in unermüdetem Kreislauf durch die einst sogenannten drei Reiche der Natur zu treiben, sie aus dem Mineralreich ins Pflanzenreich, aus diesem ins Thierreich zu übertragen und aus letztgenanntem wieder dem Mineralreich zu übergeben und dabei dieses Capital nicht zu mindern, sondern zu erhalten, womöglich zu vermehren, während doch für ihn selber ein Gewinn daraus resultiren und nach auswärts abgegeben werden soll. Ist auch sein Gewerbe Jahrtausende älter als dieses Verständniss desselben, so ist doch unausgesprochen nach Regeln der Erfahrung, dieselbige Aufgabe beständig und sicher verfolgt worden.

Druck von Fischer & Kürsten in Leipzig.




Chem 568.73.7
Die naturlichen Phospate und deren
Cabot Science 003379844
3 2044 091 930 123